

Peraturan uji siap guna termal turbin uap

Peraturan uji siap guna termal turbin uap

© BSN 1989

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN

Gd. Manggala Wanabakti

Blok IV, Lt. 3,4,7,10.

Telp. +6221-5747043

Fax. +6221-5747045

Email: dokinfo@bsn.go.id

www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta



DOKUMENTASI
PUSIDO BSN

SNI 1692 - 1989 - C
SLI 016 - 1984

STANDAR LISTRIK INDONESIA

Peraturan Uji Siap – Guna Termal Turbin Uap

DEPARTEMEN PERTAMBANGAN DAN ENERGI
DIREKTORAT JENDERAL LISTRIK DAN ENERGI BARU
J A K A R T A

SHI 04-1692-1989

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
1 RUANG LINGKUP, MAKSUD DAN TUJUAN	1
1.1 Ruang lingkup	1
1.2 Maksud dan tujuan	1
2 SATUAN, LAMBANG, ISTILAH DAN DEFINISI	1
2.1 Umum	1
2.2 Lambang dan satuan	1
2.3 Notasi	1
2.4 Definisi nilai garansi dan hasil uji	5
2.4.1 Efisiensi termal	5
2.4.2 Taraf kalor	6
2.4.3 Efisiensi termodinamik	6
2.4.4 Taraf uap	8
3 PEDOMAN POKOK	8
3.1 Rencana Sebelum pengujian	8
3.2 Persetujuan Persiapan dan Pengaturan Pengujian	9
3.3 Perencanaan Pengujian	10
3.3.1 Tempat dan waktu untuk uji siap-guna	10
3.3.2 Pengarahan uji siap-guna	10
3.3.3 Biaya uji siap-guna	11
3.4 Persiapan Pengujian	11
3.4.1 Kondisi instalasi	11
3.4.2 Kondisi turbin uap	11
3.4.3 Kondisi kondensor	11
3.4.4 Pengisolasian siklus	11
3.4.4.1 Peralatan dan aliran yang harus diisolasi	12
3.4.4.2 Aliran yang harus diukur jika tidak diisolasi	13
3.4.4.3 Metode pengisolasian peralatan siklus air-isian	14
3.4.5 Pengecekan kebocoran kondensor dan pemanas air-isian	14
3.4.6 Kebersihan saringan uap	14

KATA PENGANTAR

Penerbitan buku Standar ini yang berjudul "Pengaturan uji siap guna Termal Turbin Uap" dengan nomor urut pemberlakuan SLI 016 - 1984 dimaksudkan untuk dipakai khususnya oleh pihak konsumen dan pabrikan dari turbin uap. Meskipun demikian standar ini penting untuk diketahui oleh masyarakat standardisasi seperti dari kontraktor/konsultan dan lain-lain baik langsung ataupun tidak langsung terlibat dalam pembangunan, pengujian dan pengoperasian dari sistem turbin uap.

Sebagai referensi dalam penyusunan standar ini adalah dari standar publikasi International Electrotechnical Committee (IEC) yang berjudul "Rules for Steam Turbin Thermal Acceptance Test." dan telah dirumuskan kelompok perumus turbin uap yang anggota-anggotanya adalah : Ir. Suwarno Suardjo, Ir. Moh. Mochtar, Ir. Bambang Irawan. S, Ir. Istigno, Ir. Sudjanadi, Ir. Yoshar Anwar, Ir. Prasedjo, Ir. Nurtajb Mahdi, Ir. Artono, Ir. Subiantoro S, Ir. Albiner gultom, Ir. Bodoyo G. Ir. Archdiat, Ir. Tris Budiono, Ir. Wurjanta T, Ir. M. Rifai, Ir. Hilman Noerdin, Ir. Bambang isti Eddy, Ir. Suhendro.

Adapun penerapan Standar ini dalam pengujian suatu turbin akan membuktikan garansi yang diberikan oleh pabrikan (dalam hal turbin masih baru) atau kemunduran (deterioriation) bagi turbin lama dalam hal :

- Effisiensi thermal
- Tarap uap (steam rate)
- Daya maksimum yang dihasilkan

Dalam pada itu pemerintah c/q Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada pemakai standar ini untuk memberikan bahan-bahan masukan-masukan baru yang tentunya akan sangat membantu dalam melakukan proses "up-dating standar" dan yang akan selalu dilakukan secara berkala untuk disesuaikan dengan perkembangan teknologi terakhir.

Semoga buku standar ini dapat bermanfaat bagi para pemakai sebagai pelengkap perangkat lunak (soft ware) dalam menunjang pembangunan di negara kita.

Jakarta, Pebruari 1985
DIREKTUR JENDERAL LISTRIK DAN
ENERGI BARU

ttd

Prof. Dr. A. Arismunandar
NIP 110008554

		Halaman
3.4.7	Pengecekan alat ukur pengujian	14
3.5	Pengukuran Banding	14
3.6	Penyetelan untuk pengujian	15
3.6.1	Penyetelan beban	15
3.6.2	Penyetelan khusus	16
3.7	Uji Pendahuluan	16
3.8	Uji Siap-guna	16
3.8.1	Kestabilan kondisi uji	16
3.8.2	Simpangan dan fluktuasi maksimum dalam kondisi uji	17
3.8.3	Lamanya pengujian dan frekuensi pembacaan	17
3.8.4	Pembacaan instrumen ukur integrasi	17
3.8.5	Metoda pilihan	19
3.8.6	Pencatatan pengujian	19
3.8.9	Konsistenan pengujian	19
3.9	Pengulangan Uji Siap-guna	19
4	TEKNIK PENGUKURAN DAN INSTRUMEN UKUR	20
4.1	Umum	20
4.1.1	Instrumen ukur.....	20
4.1.2	Ketidakpastian pengukuran	21
4.1.3	Kalibrasi instrumen	24
4.1.4	Instrumentasi pilihan	24
4.1.5	Air raksa dalam instrumentasi	24
4.2	Pengukuran daya	24
4.2.1	Penentuan daya turbin	24
4.2.2	Pengukuran daya pompa pengisi ketel	25
4.2.3	Penentuan daya listrik sebuah generator turbin	27
4.2.4	Pengukuran daya listrik	27
4.2.5	Sambungan instrumen listrik	28
4.2.6	Instrumen listrik	28
4.2.7	Transformator instrumen	28
4.2.8	Pengukuran banding dan kalibrasi ulang instrumen dan transformator	29
4.3	Pengukuran Aliran	29
4.3.1	Penentuan aliran	29

	Halaman
4.3.2 Pengukuran aliran air primer	29
4.3.2.1 Alat tekanan diferensial untuk mengukur aliran air primer	30
4.3.2.2 Kalibrasi alat tekanan diferensial untuk aliran air	30
4.3.2.3 Pemeriksaan alat tekanan diferensial	31
4.3.3 Pemasangan dan lokasi tekanan diferensial	31
4.3.4 Pengukuran tekanan diferensial	32
4.3.5 Fluktuasi aliran air	35
4.3.6 Pengukuran aliran sekunder	35
4.3.6.1 Aliran uap ekstraksi ke pemanasan air isian	36
4.3.6.2 Kurasan pemanas tekanan tinggi..	37
4.3.6.3 Separator embun dan kurasan pemanas ulang	37
4.3.6.4 Suplai uap turbin pompa pengisi ketel	37
4.3.6.5 Kebocoran gland turbin	37
4.3.6.6 Aliran air semprot penurun panas lanjut	37
4.3.6.7 Aliran air perapat gland pompa pengisi ketel dan aliran air pengimbang	38
4.3.6.8 Perubahan air simpanan	38
4.3.6.9 Penentuan bocoran	38
4.3.7 Aliran sekunder sesat	38
4.3.7.1 Uap eyektor	38
4.3.7.2 Aliran tambahan	39
4.3.7.3 Perapat air	39
4.3.7.4 Uap buang bantu	39
4.3.8 Kerapatan air dan uap	39
4.3.9 Penentuan aliran air pendingin	39
4.4 Pengukuran Tekanan	40
4.4.1 Tekanan yang diukur	40
4.4.2 Instrumen	40
4.4.2.1 Pengukuran tekanan di atas 2.5 bar	40
4.4.2.2 Pengukuran tekanan di bawah 2,5 bar, tetapi di atas tekanan atmosfer	40
4.4.2.3 Pengukuran tekanan di bawah tekanan atmosfer	41
4.4.2.4 Cairan manometer	41
4.4.2.5 Transduser	41
4.4.3 Lubang tap tekanan dan saluran hubung	41
4.4.3.1 Untuk tekanan di atas 2,5 bar	41

	Halaman
4.4.3.2 Untuk tekanan di bawah 22,5 bar, tetapi di atas tekanan atmosfer	42
4.4.3.3 Untuk tekanan di bawah tekanan atmosfer	42
4.4.4. Katup tutup	42
4.4.5 Kalibrasi alat ukur tekanan	42
4.4.6 Tekanan atmosfer	43
4.4.7 Koreksi pembacaan	43
4.4.7.1 Koreksi tinggi tekan air	44
4.4.7.2 Koreksi manometer dan kolom air raksa	44
4.4.7.3 Koreksi barometer	44
4.5 Pengukuran tekanan buang turbin kondensasi	44
4.5.1 Umum	44
4.5.2 Bidang pengukuran	45
4.5.3 Tap tekanan	45
4.5.4 Manifolds	46
4.5.5 Saluran hubung	46
4.5.6 Instrumen	46
4.5.7 Kecedapan sistem pengukuran	48
4.5.8 Kalibrasi	48
4.5.9 Koreksi pembacaan	48
4.6 Pengukuran suhu	48
4.6.1 Titik pengukur suhu	48
4.6.2 Instrumen	49
4.6.3 Pengukuran suhu utama	49
4.6.4 Pengukuran suhu rangkaian isian (termasuk uap terjat)	50
4.6.5 Pengukuran suhu air pendingin kondensor	50
4.6.6 Ketelitian peralatan pengukur suhu	51
4.6.7 Sumur termometer	51
4.6.8 Tindakan yang harus diperhatikan pada pengukuran suhu	51
4.7 Pengukuran kualitas uap	51
4.7.1 Umum	51
4.7.2 Teknik pelacak	52
4.7.3 Metode kondensasi	53
4.7.4 Metode injeksi laju konstan	56
4.7.5 Entalpi ekstraksi yang ditentukan dengan metod injeksi laju konstan	57

	Halaman
4.7.5.1 Titik injeksi	57
4.7.5.2 Titik pengambil contoh	57
4.7.5.3 Laju aliran pengambilan contoh	59
4.7.6 Pelacak dan penggunaannya	59
4.7.6.1 Pelacak radioaktif	60
4.7.6.2 Pelacak natrium tidak radioaktif	60
4.8 Pengukuran Waktu	60
4.9 Pengukuran kecepatan	60
5 EVALUASI PENGUJIAN.....	61
5.1 Persiapan evaluasi	61
5.2 Komputasi hasil	61
5.2.1 Perhitungan nilai rata-rata pembacaan instrumentasi	61
5.2.2 Koreksi dan konversi pembacaan rata-rata	61
5.2.3 Pengecekan data yang diukur	61
5.2.3.1 Kesesuaian	61
5.2.3.2 Evaluasi pengukuran ganda	62
5.2.3.3 Nilai aliran uap awal	62
5.2.3.4 Bocoran yang tidak diperhitungkan	62
5.2.4 Tabel dan grafik dari uap dan air	62
5.2.5 Perhitungan hasil	62
6 KOREKSI HASIL UJI DAN PEMBANDINGAN DENGAN GARANSI	62
6.1 Nilai garansi dan kondisi garansi	62
6.2 Koreksi kapasitas aliran uap awal	63
6.3 Koreksi keluaran maksimum	63
6.4 Koreksi efisiensi termal dan efisiensi termodinamik	63
6.5 Ketentuan dan penerapan nilai koreksi	64
6.6 Metode koreksi	65
6.6.1 Koreksi dengan perhitungan neraca kalor	66
6.6.2 Koreksi dengan menggunakan kurva koreksi yang dibuat pabrik	67
6.6.3 Pengujian untuk menentukan nilai koreksi	67
6.7 Variable yang dipertimbangkan dalam koreksi	67
6.7.1 Turbin dengan pemanasan air isian regeneratif	68
6.8 Pembandingan garansi	69

	Halaman
6.8.1 Pembandingan garansi dengan kurva kedudukan (tempat kedudukan)	70
6.8.2 Pembandingan garansi dengan titik garansi	70
6.8.3 Pembandingan garansi untuk turbin dengan pengaturan cekik	70

LAMPIRAN

A. Pada 3.4.5	72
B. Untuk 4.3.2.1. dan 4.3.2.2.	73
C. Untuk 4.3.3.	77
D. Daftar Istilah	79

**SALINAN KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
NOMOR : 0487 K/13/M.PE/1984**

1 RUANG LINGKUP, MAKSUD DAN TUJUAN

1.1 RUANG LINGKUP

Peraturan ini terutama berlaku untuk uji siap-guna termal turbin kondensasi pemutar generator listrik. Beberapa persyaratan dari peraturan ini berlaku juga bagi turbin untuk tujuan lain di luar pemutar generator listrik.

Peraturan ini mengatur pengujian turbin, baik yang bekerja dengan uap panas-lanjut maupun uap jenuh, serta mencakup pengukuran dan tata cara (*procedure*) untuk menentukan entalpi spesifik dalam daerah uap basah dan menguraikan tindakan pencegahan yang diperlukan untuk memungkinkan pengujian dalam batas persyaratan keselamatan radiologis pada instalasi nuklir.

Peraturan ini mengandung beberapa informasi yang dapat berlaku juga untuk pengujian turbin tekan-balik (*back-pressure turbine*), turbin ekstraksi (*extraction turbine*), dan turbin tekan-campur (*mixed pressure turbine*). Hanya bagian yang relevan dari peraturan ini dapat berlaku pada kasus tertentu.

Bila timbul sesuatu kasus yang rumit atau bersifat khusus yang tidak tercakup dalam peraturan ini, maka peraturan pengujian harus disepakatkan terlebih dahulu antara pabrikan dan pembeli sebelum kontrak ditandatangani.

1.2. Maksud dan Tujuan

Tujuan uji siap-guna termal turbin uap dan instalasinya, sebagaimana yang diuraikan dalam dokumen ini, ialah untuk membuktikan kebenaran garansi yang diberikan oleh pabrikan dalam hal :

- a. Efisiensi termal atau taraf kalor (*heat rate*) dari instalasi turbin.
- b. Efisiensi termodinamik atau taraf uap (*steam rate*) dari turbin.
- c. Kapasitas aliran uap utama atau keluaran daya maksimum.

Garansi beserta persyaratannya harus dirumuskan secara lengkap dan tanpa kontradiksi. Uji siap-guna dapat pula mencakup pengukuran yang diperlukan untuk mengoreksi kondisi garansi tersebut dan untuk memeriksa hasil uji siap-guna itu.

Dalam buku ini ditentukan peraturan yang seragam untuk persiapan, pelaksanaan dan evaluasi uji siap-guna. Perincian dari kondisi untuk pelaksanaan uji siap-guna juga termasuk di dalamnya.

2 SATUAN, LAMBANG, ISTILAH DAN DEFINISI

2.1 Umum

Pada peraturan ini digunakan sistem satuan Internasional (singkat SI), oleh karenanya faktor konversi tidak lagi diperlukan. Satuan yang berkaitan dengan semua besaran terdapat dalam Tabel 2.2.

2.2. Lambang dan Satuan

Pada peraturan ini digunakan lambang, definisi dan satuan sebagai berikut :

Besaran	Lambang	Satuan
Daya	P	W
Laju masa aliran	M	kg/s
Tekanan	p	Pa
Tekanan setara tinggi-tekan air	Δp	Pa
Suhu	t	$^{\circ}\text{K}$
Jarak Vertikal	H	m
Entalpi spesifik	h	J/kg
Penurunan entalpi spesifik	Δh	J/kg
Kalor spesifik	c	J/kg.K
Kualitas, yaitu fraksi kering uap jenis menurut bobot	x	
Kecepatan putar	n	s ⁻¹
Kecepatan	W	m/s
Kerapatan spesifik	kg/m ³	
Volume spesifik	v	m ³ /kg

Besaran	Lambang	Satuan
Diameter	D	m
Konstanta gravitasi	g	m/s ²
Efisiensi	η	
Taraf kalor spesifik	HR	Kcal/kWh
Taraf uap spesifik	SR	kg/kWh
Kavitasi	K	—
Konsentrasi	C	Sesuai ujud/sifat pelacak (tracer)
Faktor koreksi sesuai dengan 6.6 (a)	F	—
Faktor koreksi sesuai dengan 6.6 (b)	F*	—
Eksponen isentropis	γ	—
Koefisien buang	Cd	—
Koefisien aliran	α	—

2.3 Notasi

Besaran	Notasi	Posisi atau definisi
Daya	b	Pada terminal generator
	a	Digunakan untuk alat bantu yang tidak digerakkan oleh turbin (lihat 4.2.3)
	g	Keluarga daya netto : $P_g = P_b - P_a$

Besaran	Notasi	Posisi atau definisi
	c	Pada kopling turbin, dikurangi daya untuk alat bantu turbin, jika digerakan secara terpisah (lihat 4.2.3.)
	i	Pada bagian dalam turbin.
Laju aliran uap awal dan keluaran	max	Nilai pada katup kendali terbuka penuh.
Kondisi uap dan laju aliran uap	1	Langsung di hulu katup-henti (<i>stop valve</i>) turbin dan saringan uap (jika ada), yang termasuk dalam Kontrak Turbin.
Kondisi uap dan laju aliran uap	2	Pada sisi buang turbin di mana uap mengalir ke pemanas-ulang.
	3	Sesudah pemanas-ulang, pada sisi masuk katup-henti turbin dan atau katup cekat (<i>intercept valve</i>).
	4	Pada sisi buang turbin ke kondensor
Kondisi dan laju aliran kondensat dan air isian (<i>feed water</i>)	5	Pada sisi buang kondensor
	6	Pada sisi masuk pompa ekstraksi
	7	Pada sisi buang pompa ekstraksi
	9	Pada sisi masuk pompa pengisi ketel
	20	Pada sisi keluar pompa pengisi ketel
	22	Pada sisi keluar pemanas akhir air isian.
	b	Setelah melewati pompa ekstraksi dan setiap pendingin (minyak, generator, gas/udara) yang termasuk di dalam Kontrak.
	d	Pada sisi keluar pendingin kurasan (<i>drain cooler</i>).
	a	Pada sisi keluar kondensor dari eyektor udara.
	is	Menyangkut air yang dialirkan dari sistem air isian ke pemanas-lanjut guna pengaturan suhu uap awal.
	ir	Menyangkut air yang dialirkan dari sistem air isian ke pemanas-ulang guna pengaturan suhu uap awal.
Kondisi dan laju aliran air tambahan (<i>make up water</i>)		Pengukuran dekat flens masuk dari sistem kondensat atau dari evaporator.
Kondisi dan laju aliran uap gland	g	Uap yang dialirkan ke gland dari sumber terpisah.

Besaran	Notasi	Posisi atau definisi
	gl	Bocoran uap dari gland dan batang katup yang kembali ke sistem dan termasuk dalam pengukuran aliran uap awal.
	q	Aliran bocoran uap dari gland dan batang katup pada ujung sisi masuk atau sebelum masuk pemanas-ulang, yang kemudian dialirkan guna tujuan lain dan tidak ada uap atau kalornya yang diberikan kepada suatu bagian dari siklus turbin.
	qy	Aliran bocoran uap seperti pada q, tetapi berasal dari suatu titik pada sisi hilir pemanas-ulang.
Laju aliran dan konsentrasi uap utama	M	Aliran uap utama pada sisi keluar reaktor.
Laju aliran dan konsentrasi massa	F	Menyangkut air isian reaktor.
	core	Menyangkut zat antara (medium) yang melewati inti reaktor.
	cond	Menyangkut uap yang terkondensasi.
	inj	Menyangkut larutan pelacak yang diinjeksikan.
	E	Pada sisi masuk ke dalam inti PWR.
	R	Aliran air sirkulasi-ulang dari pemisah air.
Air pendingin konsentrasi massa	w	
	wi	Sisi masuk kondensor.
	wo	Sisi keluar kondensor.
	wio	Nilai rata-rata antara sisi masuk sisi keluar kondensor.
Efisiensi	t	Termal.
	td	Termodinamis
Penurunan entalpi	s	Menyangkut penurunan entalpi isentropis.
Kecepatan	throat	Pada lekuk dari noset alat ukur aliran
Tekanan statik	sat	Tekanan air jenuh pada suhu tertentu
Konsentrasi	wat	dalam fase air
	L	Dalam simpal (loop) pompa BWR
	B	Dalam air cuci PWR.
	inj	Dari pelacak yang diinjeksikan.
	O	Pada tempat injeksi sebelum pelacak diinjeksikan.

Besaran	Notasi	Posisi atau definisi
Hasil pengujian dan nilai yang digaransikan	g	Garansi
	c	Koreksi
	m	Ukur
	tot	Hasil kali semua faktor koreksi.
	1, 2, 3	Penomoran faktor-faktor koreksi.
	η	Untuk koreksi efisiensi.
	p	Untuk koreksi keluaran.
Efisiensi	/	Nilai referensi dari efisiensi hitungan komputer.
Umum	—	Nilai rata-rata

2.4. Definisi Nilai Garansi dan Hasil Uji

Uraian kuantitatif prestasi termodinamik turbin uap atau instalasi turbin uap, beberapa besarnya secara teknis layak dan umum diterapkan. Nilai garansi dinyatakan dalam besaran tersebut di atas dan hasil ujinya harus dievaluasi dengan cara yang sama.

Definisi umum besaran ini cukup jelas, tetapi perinciannya mungkin berbeda dalam setiap kasus, sehingga perlu mendapat perhatian (lihat 1.2)

2.4.1 Efisiensi termal

Pada turbin pembangkit daya dengan pemanasan isian regeneratif efisiensi termal merupakan kriteria yang dominan, efisiensi termal didefinisikan sebagai perbandingan antara keluaran daya dengan kalor yang ditambahkan pada siklus dari sumber luar.

$$\eta_t = \frac{P}{\sum (M_j \cdot \Delta h_j)} \quad (1)$$

dimana : M_j adalah aliran massa yang mendapat tambahan kalor,
 Δh_j adalah hasil kenaikan entalpi spesifik

Untuk setiap kasis yang spesifik, garansi siklus kalor harus didefinisikan sebagai dasar definisi garansi dan evaluasi pengujian. Hal ini harus sesederhana mungkin, sedekat mungkin dapat dipraktekan pada konfigurasi siklus untuk direalisasikan dalam pengujian (lihat 3.4.4)

Dalam praktek rumusan efisiensi termal instalasi turbin dengan pemanas-ulang tunggal dan pemanasan isian menurut gambar 1a menjadi :

$$\eta_t = \frac{P_b (P_g \text{ atau } P_c)}{M_1 \cdot (h_1 - h_2) + M_3 \cdot (h_3 - h_2)} \quad (2)$$

dimana : P_b tergantung pada P_g atau P_c sesuai dengan spesifikasi kontrak.

Setiap aliran kalor tambahan yang ditambahkan ke atau dikurangkan dari siklus, misalnya :

- aliran tambahan (Mm),
- aliran atermperator semprot (Mir),

akstraksi tambahan untuk pemanas awal udara dengan uap, semuanya harus diperhitungkan dalam evaluasi dengan koreksi hasil uji yang sesuai (lihat 6). Kerugian yang tidak diperhitungkan tidak termasuk dalam definisi ini, tetapi kerugian ini dihitung menurut 5.2.3.4

Agar jumlah koreksi sedikit, maka cukup beralasan memasukkan aliran kalor dan masa tambahan yang penting, yang terdapat dalam konfigurasi siklus pengujian karena alasan teknis (misalnya atermperator semprot, buangan reaktor, dsb) dan ada dalam definisi garansi dengan syarat tambahan.

Hal ini, bagaimanapun akan mengubah juga sifat termodinamik dari definisi, dan nilai efisiensi termal tidak langsung dapat diperbandingkan dengan hal yang di atas, menurut rumus (2). Lebih lanjut, tatacara koreksi tidak dapat dihindarkan seluruhnya dalam cara ini, sebab jarang terjadi sama dengan nilai dalam definisi garansi yang disempurnakan.

Tidaklah praktis menguraikan dalam peraturan ini semua variasi yang mungkin ada dalam siklus turbin tersebut. Dalam hal deviasi konfigurasi siklus pengujian yang sulit dari definisi garansi, disarankan memakai tatacara koreksi menurut 6.6.1.

2.4.2 Taraf kalor

Umumnya taraf kalor sering digunakan untuk tujuan yang sama dengan efisiensi termal yang secara eksklusif diterapkan dalam peraturan ini.

Dalam sistem satuan yang koheren (sistem SI) :

$$\text{H.R.} : \frac{1}{\eta_t}$$

Nilai taraf kalor yang dinyatakan dalam satuan lain ($\frac{\text{Kcal}}{\text{KWh}}$ dan $\frac{\text{KJ}}{\text{MWs}}$) dapat dengan mudah dikonversikan ke dalam nilai efisiensi termal dengan memperhitungkan faktor konversi yang sesuai.

2.4.3 Efisiensi termodinamik

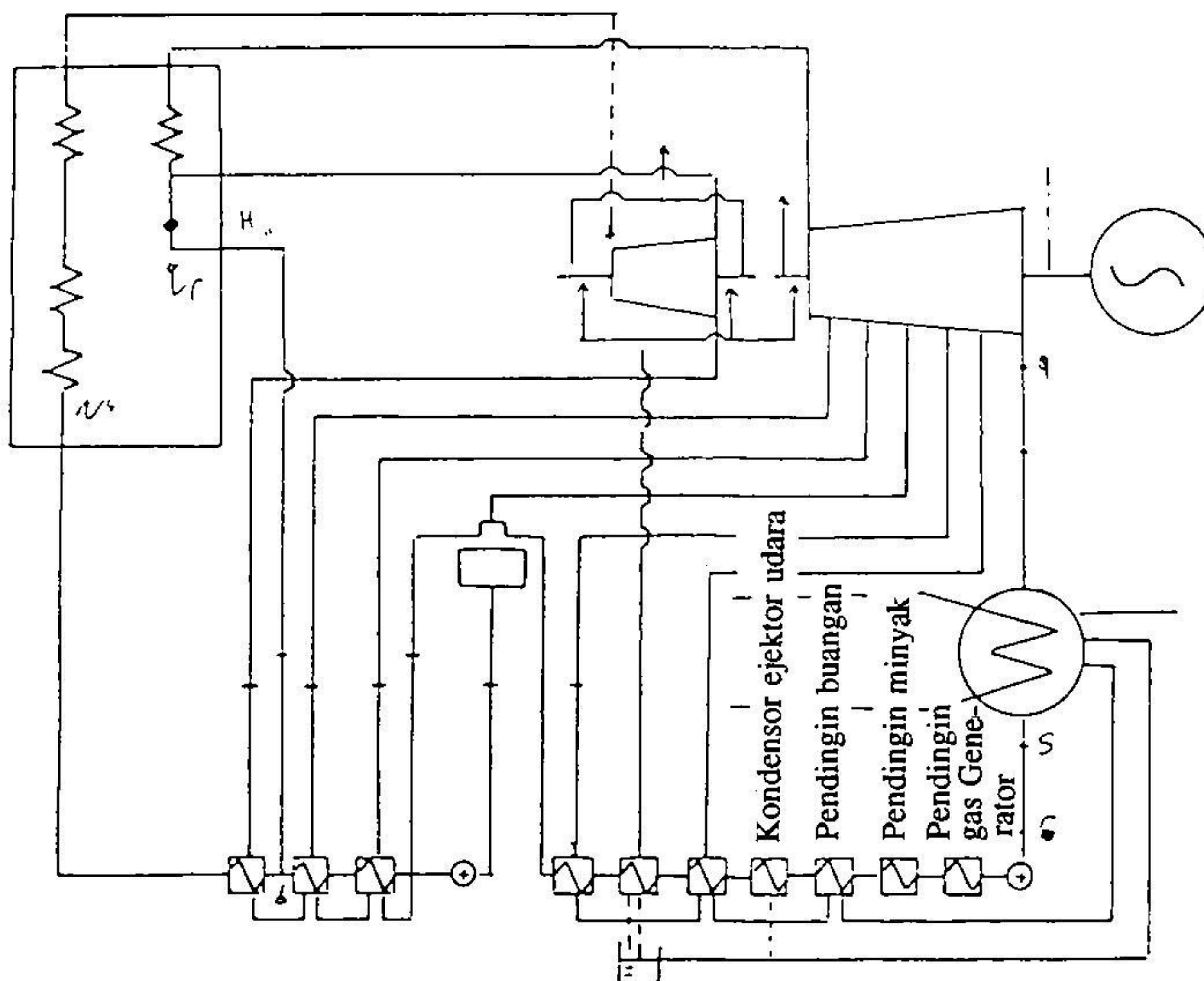
Pada turbin yang menerima seluruh uap pada satu kondisi uap awal dan mengeluarkan seluruh uap pada tekanan yang lain (turbin kondensasi atau turbin tekan-balik tanpa regenerasi pemanasan isian atau pemanasan ulang), maka efisiensi termodinamik adalah suatu ukuran prestasi yang paling sesuai. Hal ini didefinisikan sebagai perbandingan keluaran daya dankapasitas daya isentropis (hasil kali aliran massa uap dengan penurunan entalpi spesifik isentropis dari kondisi uap awal dan tekanan sisi buang).

$$\eta_t = \frac{P}{M \cdot \Delta h_s} \quad (4)$$

Nilai angka efisiensi termodinamik tidak tergantung kepada kondisi uap awal dan sisi uap buang, tetapi hanya suatu ukuran untuk kualitas ekspansi.

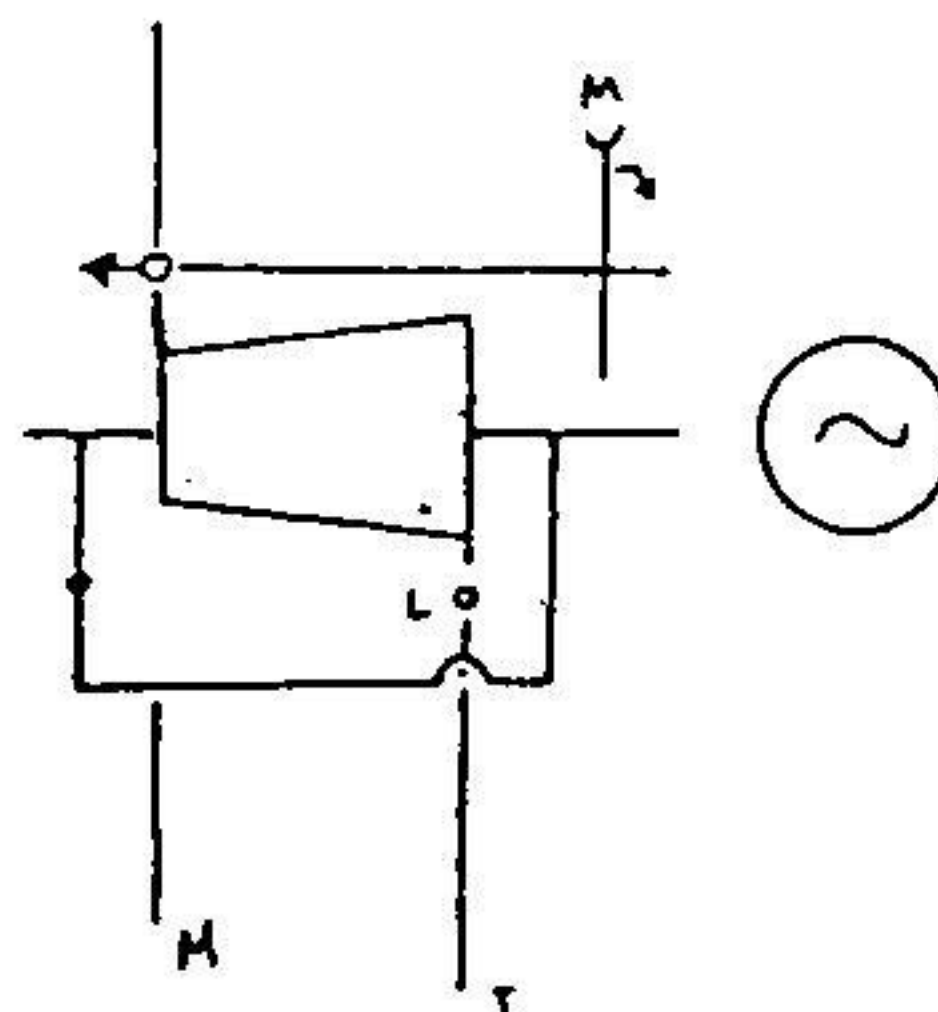
Rumus efisiensi termodinamik untuk turbin kondensasi langsung tanpa pemanasan isian menuntut gambar 1b menjadi :

$$\eta_i = \frac{P_b}{M_1 \cdot \Delta h_{s1,4}} \quad (5)$$



Gambar 1 a : Turbin Kondensor regeneratif pemanasan ulang
Angka menunjukkan selalu sama dengan bagian yang sama dari setiap jenis Turbin.

**Contoh : Titik 9 adalah Lokasi pada sisi masuk pompa pengisi
Titik 8 adalah Suatu lokasi antara titik 6 dan titik 11**



Gambar 1b : Turbin kondensasi langsung atau turbin tekan balik tanpa pemanasan isian.
Gambar 1 : Diagram untuk interpretasi lambang dan sisipan.

di mana : $\Delta h_{s\ 1,4}$ adalah penurunan entalpi spesifik isentropis antara kondisi uap awal pada titik 1 dan tekanan pada titik 4 dan
Pb tergantung pada Pg dan Pc.

2.4.4 Taraf uap

Umumnya taraf uap sering digunakan sebagai suatu kriteria prestasi dari turbin seperti tertera dalam 2.4.3 Taraf uap didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran uap awal dengan keluaran daya dan jika dihubungkan dengan efisiensi termodinamik sebagai berikut (dengan satuan yang koheren):

$$S.R = \frac{M}{P} = \frac{1}{\eta_{td} \cdot \Delta h_s} \quad (6)$$

Nilai taraf uap yang dinyatakan dalam satuan lain (kg/kWh) dapat dikonversikan ke dalam nilai efisiensi termodinamik, yaitu setelah penentuan nilai Δh_s yang relevan dengan memperhatikan faktor konversi yang sesuai.

Karena nilai angka taraf uap sangat tergantung juga pada kondisi uap awal dan uap sisi buang, maka nilai tersebut tidak dapat diperbandingkan pada turbin dengan kondisi spesifikasi yang berbeda. Karena itu efisiensi termodinamik dalam peraturan ini digunakan secara eksklusif.

3 PEDOMAN POKOK

3.1 Rencana sebelum pengujian

Pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian menurut peraturan ini harus mencapai persetujuan mengenai tata cara pengujian, penafsiran garansi, jumlah, lokasi dan pengaturan titik ukur beserta alat ukurnya, pengaturan katup dan pemipaan pada waktu mendesain instalasi turbin beserta pemipaannya. Hal ini terutama diterapkan pada turbin uap dalam pusat tenaga nuklir di mana modifikasi yang terjadi kebanyakan tidak dapat dilaksanakan dan titik ukur tidak selalu dapat didekati pada saat instalasi beroperasi.

Dalam hal ini dianjurkan supaya untuk pengukuran variabel yang terpenting, fasilitas sambungan khusus untuk alat ukur, seperti flens dan sumur termometer harus disediakan, sehingga uji siap guna dapat dilakukan tanpa mengganggu instrumen yang dipakai dalam operasi normal.

Instrumentasi harus dipilih sedemikian rupa, sehingga daya dan aliran kalor yang masuk dan keluar sistem sebagaimana ditentukan dalam kontrak, dan kondisi batasnya dapat ditentukan.

Semua persiapan dan tindakan pencegahan yang perlu harus diambil, supaya memenuhi spesifikasi dari peraturan yang berkaitan dengan ketelitian pengukuran.

Berikut ini adalah beberapa hal tipikal di mana persetujuan harus dicapai selama mendesain instalasi, yaitu:

- (a) Lokasi dari pengukur aliran dan pengaturan pemipaan di mana perhitungan pengujian harus didasarkan.
- (b) Jumlah dan lokasi katup yang diperlukan untuk menjamin tidak adanya aliran yang tak diperhitungkan memasuki atau meninggalkan siklus pengujian, atau melampaui (by pass) suatu komponen siklus. Di dalam sebuah instalasi nuklir mungkin ada beberapa saluran penambah atau pengatapan darurat yang tak dapat diblok dan untuk ini perhitungan harus diadakan.
- (c) Jumlah dan lokasi sumur termometer serta sambungan pengukuran tekanan yang diperlukan untuk menjamin pengukuran yang teliti pada titik kritis.
- (d) Jumlah dan lokasi sambungan instrumen duplikat yang diperlukan untuk menjamin pengukuran yang benar pada titik kritis.
- (e) Penanggulan aliran bocoran untuk menghindari komplikasi dalam pengujian atau timbulnya kesalahan.
- (f) Sarana pengukur kebocoran poros pompa
- (g) Metoda penentuan kualitas uap termasuk teknik pengambilan contoh yang diperlukan. Metoda yang dianjurkan diberikan dalam 4.7.

Spesifikasi, pemasangan, kelas presisi dan kalibrasi dari transformator instrumen stasiun yang normal harus dipilih yang cocok jika dimaksudkan untuk digunakan dalam uji siap-guna (lihat 4.2.7).

3.2 Persetujuan Persiapan dan Pengaturan Untuk Pengujian

- (a) Pihak yang bersangkutan dengan pengujian harus mencapai persetujuan sebelumnya mengenai program pengujian, sasaran tertentu dari pengujian, metoda pengukuran dan metoda operasi sehubungan dengan keterbatasan koreksi yang perlu, metoda untuk mengoreksi hasil pengujian dan metoda perbandingan garansi sehubungan dengan kondisi kontrak.
- (b) Persetujuan harus dicapai tentang variabel yang harus diukur, instrumen ukur dan siapa yang menyediakannya, lokasi instrumen penunjukkan dan petugas operasi serta pencatat yang diperlukan.
- (c) Persetujuan harus dicapai dalam pelaksanaan pengukuran perbandingan (lihat 3.5).
- (d) Persetujuan harus dicapai untuk hal tertentu seperti cara menjamin kekonstanan kondisi uap, keluaran daya, dan perubahan posisi katup-operasi-manual dalam hubungannya dengan turbin bila maksudnya tidak jelas terhadap garansi prestasi.
- (e) Instrumen yang mudah rusak atau pecah dalam pemakaian harus diparalelkan dengan instrumen cadangan, yang telah dikalibrasi dengan semestinya, yang dapat digunakan tanpa penundaan. Penggantian semacam itu selama pengujian harus dicatat dengan jelas pada lembar catatan pengamat.

Instrumen harus di tempatkan dan diatur, sehingga penunjukannya dapat dibaca dengan teliti dan mudah oleh pengamat. Lingkungan kalibrasi harus mendekati lingkungan sebenarnya, di mana instrumen akan beroperasi selama pengujian. Hal ini dapat dilakukan dengan menempatkan instrumen dalam lingkungan yang dapat dikendalikan.

- (f) Penentuan entalpi uap yang dipanaslanjutan kurang dari 15°C atau penentuan kualitas uap yang mengandung kelembaban, hanya dapat dibuat jika pihak yang bersangkutan dengan ujian telah menyetujui metoda yang dipakai untuk penentuan ini. Persetujuan, metoda untuk membuat penentuan dan metoda penggunaan entalpi sebagai nilai kualitas pada hasil pengujian harus sepenuhnya dicantumkan dalam laporan pengujian. Aliran uap dengan berapapun derajat kelembabannya, dapat ditentukan, asal terkondensasi dan diukur sebagai kondensat.
- (g) Persetujuan tentang metode kalibrasi instrumen dan siapa yang melaksanakannya harus dicapai.
- (h) Untuk setiap pengukuran yang diperlukan bagi pengujian menurut peraturan ini, sembarang metoda lain dapat dipakai, asalkan telah disetujui bersama secara tertulis sebelumnya dan pihak yang bersangkutan dengan pengujian, tetapi setiap penyimpangan dari metoda yang tertulis harus diuraikan dengan jelas dalam laporan pengujian. Jika tidak ada persetujuan tertulis, maka peraturan yang disebutkan di sini harus diberlakukan.
- (i) Seorang tenaga ahli yang tidak berpihak diperkenankan untuk membantu semua persetujuan.

3.3 Perencanaan Pengujian

3.3.1 Tempat dan waktu uji siap-guna

Kecuali ditentukan lain dalam kontrak, uji siap-guna harus dilakukan, bila mungkin, dalam waktu 8 minggu setelah turbin diputar (start up) untuk pertama kali atau segera setelah selesai dihentikan untuk inspeksi, asalkan kekurangan yang mempengaruhi prestasi telah dikoreksi.

Pada setiap kejadian, kecuali hal yang bertentangan yang dinyatakan dengan persetujuan tertulis, uji siap-guna harus dilaksanakan dalam periode garansi yang dispesifikasikan dalam kontrak.

3.3.2 Pengarahan uji siap-guna

Seseorang yang memimpin uji siap-guna harus ditunjuk oleh pihak yang bersangkutan sebelum pengujian. Seorang tenaga ahli yang tidak berpihak boleh dipilih untuk tugas tersebut. Orang yang memimpin uji siap-guna bertanggung jawab atas pelaksanaan dan pengevaluasian uji siap-guna yang benar, dan bertindak sebagai wasit (arbitrator) dalam beda pendapat tentang ketelitian pengamatan, kondisi atau metoda operasi. Orang yang memimpin uji siap-guna diberi hak dan diwajibkan untuk mendapatkan informasi mengenai semua detail yang perlu.

Wakil yang diberi kuasa oleh pembeli dan pabrikan boleh hadir setiap waktu untuk membuktikan, bahwa pengujian dilaksanakan menurut peraturan ini dan persetujuan yang telah dibuat sebelum pengujian.

Pihak yang bersangkutan dengan kontrak, yang tidak bertanggung jawab atas pengarahan uji siap-guna, juga harus diberi kesempatan untuk mendapatkan informasi pada waktu yang baik.

3.3.3 Biaya uji siap-guna

Kontrak harus menyebutkan siapa yang menanggung biaya uji siap-guna dan bila ada, uji siap-guna yang diulang (lihat 3.5 dan 3.9) *)

3.4 Persiapan Pengujian

3.4.1 Kondisi instalasi

Pada permulaan uji siap-guna, kondisi yang memuaskan dari turbin uap dan mesin yang diputar, termasuk kondensator dan/atau pemanas air isian (jika termasuk dalam garansi) demikian pula peniadaan kebocoran dalam kondensor, pemanas air isian, dan pemipaan, termasuk katup, adalah hal yang penting untuk dikonfirmasi.

Sebelum uji siap-guna pensuplai harus diberi kesempatan untuk memeriksa kondisi instalasi, jika perlu dengan melakukan pengukuran sendiri. Setiap kekurangan yang ditentukan pada saat itu harus dibetulkan.

3.4.2 Kondisi turbin uap

Kondisi turbin uap dapat ditentukan dengan suatu inspeksi bagian dalam arti lintasan uap, umumnya dengan membuka turbin uap atau dengan pengukuran banding.

Pembukaan selongsong (casing) turbin keseluruhan atau sebagian untuk menentukan cacat dapat dipertimbangkan, jika penyimpangan yang besar dan yang tidak dapat diterangkan dijumpai pada pengukuran banding (lihat 3.5)

3.4.3 Kondisi kondensor

Jika garansi mencakup prestasi kondensor serta didasarkan pada aliran dan suhu air pendingin, kondensor harus bersih dan sistem harus diuji untuk kedap udara yang cukup. Persetujuan kedua pihak untuk hal ini harus dicapai. Kondisi kondensor harus diperiksa dengan pembukaan kotak air (water box) atau pengukuran beda suhu terminal.

Bila terdapat endapan (deposit) **) kondensor harus dibersihkan oleh pembeli sebelum uji siap-guna atas permintaan pensuplai atau pihak yang bersangkutan dengan pengujian dapat menyetujui suatu kondisi yang layak.

Sebagai tindakan tambahan untuk memeriksa kondisi kondensor sebelum uji garansi, dianjurkan untuk mendapatkan informasi tentang kondensor selama pengujian. Pengukuran suhu dari kondensat hotwel (hotwell) dan dari udara yang dikosongkan (evacuated air) akan berguna.

3.4.4 Pengisolasian siklus

Ketelitian hasil pengujian tergantung kepada pengisolasian sistem. Aliran ekstra harus diisolasi dari sistem dan aliran dalam (internal flows) yang menjangkau alat ukur dengan suatu cara yang tidak dapat diperhitungkan harus ditiadakan, jika mungkin meniadakan keperluan untuk pengukuran.

*) Dalam setiap peninjauan kembali di masa datang dari IEC Publication 45, isi dari syarat ini harus digabungkan.

**) Endapan garam-garam atau logam pada sisi uap dan lumpur, abu, bakteri, ganggang, dan sebagainya pada sisi air pendingin.

Jika ada keragu-raguan terhadap kemampuan mengisolasi aliran ini selama pengujian, maka persiapan harus dilakukan untuk mengukurnya sebelum pengujian.

Semua sambungan yang tidak digunakan harus ditutup rapat.

Jika hal itu tidak mungkin, maka sambungan harus diputus pada tempat-tempat yang cocok, sehingga saluran keluar akan berada dalam pengawasan yang tetap. Peralatan dan aliran yang akan diisolasi dan metoda untuk mencapai ini harus ditentukan' garis besarnya jauh sebelum tanggal operasi awal turbin.

Jika sistem telah diisolasi dengan baik untuk pengujian prestasi, maka bocoran-bocoran yang tidak dapat diperhitungkan harus kurang dari 0,1% dari aliran uap awal pada beban penuh. Bocoran yang tidak dapat diperhitungkan dan melampaui batas, harus ditiadakan sebelum pengujian diteruskan. Penyimpan air dalam hotwel kondensor, pemanas air isian, pengawas-udara (*deaerator*) dan ekstraksi yang lain, drum ketel, pemisah kelembaban, pemanas-ulang, dan tempat penyimpanan yang lain di dalam siklus itu harus diperhitungkan.

3.4.4.1 Peralatan dan aliran yang harus diisolasi

Daftar berikut ini mencakup peralatan dan aliran-aliran ekstra yang harus diisolasi dari siklus primer air isian, yaitu:

- a. Tangki penyimpan dengan volume besar.
- b. Evaporator dan peralatan gabungan seperti kondensor evaporator dan pemanas awal evaporator.
- c. Sistem langkau dan saluran uap pembantu untuk start.
- d. Saluran langkau untuk alat ukur aliran primer kondensat.
- e. Penyemprot turbin.
- f. Saluran kurasan pada katup henti, katup cegat, dan katup kendali.
- g. Saluran penghubung ke unit lain.
- h. Peralatan demineralisasi.
Pengisolasian peralatan demineralisasi tidak berarti memindahkan peralatan dari siklus. Ini berarti semua hubungan dengan unit lain harus diisolasi dan perlengkapan seperti saluran sirkulasi-ulang yang mempengaruhi pengukuran aliran primer harus diisolasi dan diukur alirannya.
- i. Peralatan pengisi bahan kimia yang menggunakan kondensat.
- j. Vent ketel.
- k. Penghembus jelaga (*soot blower*) dengan uap.
- l. Aliran kondensat dan air isian yang melengkapi pemanas
- m. Pelangkau kurasan pemanas
- n. Kurasan cangkang (*shell*) pemanas.
- o. Vent kotak air pemanas.
- p. Jet pemula (*hogging jet*).
- q. Jet pemancing (*priming jet*) kotak air kondensor.
- r. Uap atau air untuk pemanasan ruangan sentral.

3.4.4.2 Aliran yang harus diukur jika tidak diisolasi

Aliran ekstra berikut ini yang masuk atau keluar siklus, yang dapat menyebabkan kesalahan dalam aliran yang melalui turbin, harus diisolasi dari sistem atau diukur.

- a. Aliran pendingin pintu api ketel dan aliran kumparan pendingin lapisan terak ketel.
- b. Aliran pendingin perapat dan gland pada yang berikut ini (baik yang masuk maupun yang keluar):
 1. Pompa kondensat.
 2. Pompa pengisi ketel
 3. Pompa sirkulasi air ketel atau reaktor.
 4. Pompa kurasan pemanas jika tanpa perapat sendiri.
 5. Turbin pemutar pompa.
 6. Perapat batang kendali pada reaktor nuklir.
- c. Air penurun panas-lanjut.
- d. Saluran aliran-minimum pompa pengisi ketel dan aliran drum imbang.
- e. Uap untuk pengabutan dan pemanasan bahan bakar minyak.
- f. Pencuci ketel.
- g. Saluran pengisi ketel.
- h. Aliran perapat-air (water seal) turbin
- i. Air penurun panas lanjut untuk uap pendingin turbin.
- j. Katup cuci darurat atau sistem kebocoran dan peralatan paking (packing) turbin.
- k. Limpahan perapat air turbin.
- l. Saluran uap atau saluran air yang terpasang untuk pembersihan turbin dengan air.
- m. Uap, selain uap yang bocor dari paking ke katup pengatur perapat-uap (steam seal).
- n. Air tambahan jika perlu.
- o. Uap pancang (pegging steam) (seperti ekstraksi tingkat yang lebih tinggi pada beban ringan), untuk operasi tekan rendah pengawas udara.
- q. Saluran limbah pengawa-udara
- r. Bocoran air ke dalam flens perapat-air, seperti pemutus vakum dengan perapat air.
- s. Bocoran perapat pompa yang keluar siklus.
- t. Uap ekstraksi otomatis untuk keperluan industri.
- u. Uap untuk pemanas awal udara (jika pengisolasian tidak mungkin).
- v. Alat pengambil contoh air dan uap.
Jika tidak mungkin mengisolasi alat pengambil contoh air dan uap, serta jika aliran cukup berarti, maka harus diukur.
- w. Vent pengawas udara.
- x. Penyemprot inti reaktor.

- y. Air dingin-lanjut (sub-cooled water) yang digunakan untuk pemisah kelembaban atau untuk pendingin kurasan kumparan pemanas ulang.
- z. Kurasan kontinu dari selongsong turbin dan saluran sambungan uap basah (jika tidak termasuk dalam definisi garansi).

3.4.4.3 Metode pengisolasian peralatan siklus air isian

Metode pengisolasian untuk berbagai jenis peralatan dan aliran ekstra siklus air isian turbin primer yang dianjurkan adalah sebagai berikut:

- a. Katup ganda dan instrumen catat.
- b. Flens tutup (blank flange).
- c. Penutup antara dua flens.
- d. Penyingkiran spul (spool) untuk inspeksi visual.
- e. Inspeksi visual untuk pembuangan uap ke udara, misalnya katup pengaman.
- f. Katup tertutup yang tahan bocor (Pengujiannya disaksikan oleh kedua pihak), dan tidak dioperasikan sebelum dan sesudah pengujian.
- g. Penunjukkan suhu (hanya dapat diterima dengan kondisi tertentu, perlu persetujuan bersama).
- h. Petunjuk tinggi permukaan isi tangki (hanya dapat diterima dengan kondisi tertentu yang perlu persetujuan bersama).
- i. Katup isolasi yang sangat penting (misalnya katup langkau tekanan tinggi dan tekanan rendah) harus diinspeksi, dan jika perlu, disetel sebelum pengujian dilakukan.

3.4.5 Pengecekan kebocoran kondensor dan pemanas air-isian

Kondensor dan pemanas air isian harus diperiksa kebocorannya, dan harus diambil tindakan untuk meniadakan setiap kebocoran yang berarti (lihat lampiran A). Jika diragukan, pengecekan dapat diulang setelah pengujian.

3.4.6 Kebersihan saringan uap

Jika perlu saringan uap harus dibersihkan sebelum uji siap guna atau suatu koreksi untuk penyimpangan dari kondisi bersih dapat disepakatkan.

3.4.7 Pengecekan alat ukur pengujian

Semua alat ukur harus diperiksa kondisi dan ketepatan ukurnya sebelum pengujian.

Selanjutnya harus ditetapkan apakah instrumen ukur, titik penempatan dan pemasangannya telah sesuai dengan kebutuhan yang relevan. Hasilnya harus dicatat.

3.5 Pengukuran Banding

Untuk berbagai alasan yang tak ada hubungannya dengan turbin generator, mungkin tidak praktis untuk melaksanakan uji prestasi dengan skala penuh dalam batas waktu yang ditentukan dalam 3.3.1.

Dalam hal yang seperti ini, data yang berikut, dengan kondisi yang jelas dari tekanan, suhu, kedudukan buka katup, dll., harus dicatat sedini mungkin :

- (a) Tekanan pada tingkatan turbin.
- (b) Suhu pada tingkatan turbin.
- (c) Keluaran daya.
- (d) Kedudukan buka katup governor.
- (e) Efisiensi penurunan entalpi, jika uap dipanaslanjutan.
- (f) Garis Willans, yaitu grafik aliran uap terhadap keluaran daya.
- (g) Aliran uap bocoran dari gland, dll.

Pembacaan yang sama diambil dalam kondisi yang sama sesaat sebelum pengujian dan dibandingkan dengan pembacaan mula, akan memungkinkan penentuan suatu perubahan yang berarti pada kondisi turbin.

Pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian harus sepakat tentang tindakan yang akan diambil terhadap adanya kemunduran prestasi (*deterioration*). Dalam beberapa hal mungkin lebih memadai, jika pengujian dilaksanakan segera setelah inspeksi besar pertama, asalkan setiap kekurangan pada unit turbin generator yang mempengaruhi prestasi telah dikoreksi selama periode inspeksi.

3.6 Penyetelan untuk Pengujian

3.6.1 Penyetelan beban

Garansi dapat diberikan dan pengujian dilakukan atas dasar kedudukan buka katup yang konstan atau atas dasar keluaran daya tertentu. Dalam merencanakan program itu harus diingat, bahwa:

- (a) Pengujian pada kedudukan "titik katup" cenderung kepada hasil prestasi terbaik, dan
- (b) Beban dan aliran pada "titik katup" mungkin tidak akan terjadi pada nilai yang tepat yang diharapkan oleh pabrikan, sehingga
- (c) Titik uji harus dipilih sedemikian rupa, sehingga pabrikan bisa memperoleh kesempatan untuk mengetahui, prestasi manakah yang ada hubungannya dengan garansi.

Bila pengujian dilakukan pada kedudukan buka katup yang konstan, akan diizinkan, agar memperoleh beban yang paling ekonomis pada setiap titik di mana tidak ada katup yang didesain untuk membuka sebagian, menyetel beban dalam batas 5% dari beban yang dispesifikasikan dalam garansi, katup governor didesain untuk membuka sebagian, beban uji yang bervariasi harus sebanding dengan suatu variasi beban uji pada katup yang didesain terbuka penuh.

Jika beban uji yang dikoreksi adalah $\pm 5\%$ dari beban yang dispesifikasikan dalam garansi, maka uap dari garansi kalor dipakai untuk beban koreksi, kecuali jika disetujui lain.

Ada kemungkinan akan sukar menyetel beban untuk pengujian kedudukan buka katup sebagian tepat pada nilai yang sesuai, maka harus diizinkan melakukan dua atau lebih pengujian untuk menjangkau beban dan memperoleh dengan cara interpolasi hasil uji yang sebenarnya pada beban yang diatur sehubungan dengan pasal ini.

Dalam hal operasi dengan tekanan uap yang berubah dari suatu "full arc admission" turbin, pengujian harus dilakukan dengan katup kendali terbuka lebar. Keadaan yang sama berlaku untuk kendali penyempitan jika garansi didasarkan kepada katup kendali terbuka lebar.

Nosel atau katup langkau yang dijalankan secara manual, jika ada, harus pada kedudukan yang disarankan dalam garansi. Jika kontrak atau spesifikasi dalam hal ini tidak jelas, pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian harus sepakat akan hal yang dimaksud.

3.6.2 Penyetelan khusus

Tidak ada penyetelan khusus yang harus dilakukan pada turbin yang tidak sesuai untuk operasi komersial dan kontinu dengan sesuatu atau semua kondisi keluaran dan operasi yang dispesifikasikan segera setelah pengujian. Terkecuali penyetelan pengeluaran udara untuk mengendalikan vakum, penggunaan alat pembatas beban atau sarana pengendali uji yang serupa, sarana tersebut misalnya pengisolasian siklus untuk mencegah aliran ekstra dan/atau aliran langkau dalam (*internal by-pass flow*) dari uap atau air dengan menutup katup kurasan tertentu atau katup lain, jika hal tersebut di atas konsisten dengan syarat-syarat garansi dan dapat dipraktekkan sehubungan dengan keamanan dan teknik operasi.

Perapat poros turbin harus disetel ke kondisi operasi normal sebelum suatu pengujian dan persiapan dilakukan untuk mengukur aliran keluar atau masuk yang akan mempengaruhi hasil uji.

3.7 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan harus dilakukan dengan maksud:

- (a) Penentuan apakah turbin telah dalam kondisi yang pantas untuk pelaksanaan uji siap-guna.
- (b) Pengecekan seluruh instrumen
- (c) Latihan personil dalam tata cara pengujian.

Sesudah suatu uji pendahuluan dilakukan, jika disetujui bersama, pengujian ini dapat dianggap sebagai suatu uji siap-guna.

Jika uji pendahuluan itu tidak memuaskan, maka penyebabnya harus diselidiki, dan jika perlu, turbin akan diserahkan pengurusannya kepada pabrikan, sehingga pabrikan dapat menelitinya dan meyakinkan, bahwa turbin itu dalam kondisi yang sesuai untuk uji siap-guna.

3.8 Uji Siap-guna

3.8.1 Kestabilan kondisi uji

Segala pengujian harus didahului oleh perioda pemantapan suhu dan aliran, yang lamanya harus disetujui oleh pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian, mengingat lamanya perioda ini tergantung kepada ukuran turbin, kondisi dalam (*internal condition*) dan perubahan beban.

Setiap yang variasinya dapat mempengaruhi hasil pengujian harus diusahakan sestabil mungkin sebelum pengujian dimulai, dan selama pengujian harus tetap dijaga dalam variasi yang diperbolehkan menurut 3.8.2.

Untuk menjaga kekonstanan penyempitan gerakan katup governor yang hanya ke arah buka, harus dibatasi pada posisi pilihan dan governor harus diputar secukupnya untuk memastikan, bahwa hal ini tidak bereaksi terhadap perubahan normal dalam sistem frekuensi.

3.8.2 Simpanan dan fluktuasi maksimum dalam kondisi uji

Kecuali dengan persetujuan pihak yang berkepentingan dalam pengujian mengenai hal-hal yang berlawanan, simpangan (*deviation*) maksimum yang diizinkan dari kondisi uji rata-rata untuk tiap variabel yang telah dispesifikasikan dan fluktuasi maksimum yang digunakan dari variabel selama salah satu pengujian, harus tidak melebihi batas harga yang tercantum dalam tabel 1.

Pada umumnya, lebih dikehendaki melaksanakan pengujian secepat mungkin sesudah turbin diputar pertama kali, biarpun kondisi dalam tabel 1 tidak dapat dicapai. Dalam hal ini harus dibuat persetujuan tentang cara untuk menetapkan kurva koreksi secara cermat.

3.8.3 Lama pengujian dan frekuensi pembacaan

Lama pengujian yang dibutuhkan tergantung kepada kemantapan kondisi operasi dan kecepatan mendapatkan data uji. Perubahan tinggi permukaan air simpanan yang dapat diukur dengan teliti dalam sistem itu dapat menjadi suatu faktor pembatas.

Lama pelaksanaan siap-guna yang dianjurkan adalah 2 jam. Hal ini dapat dikurangi dengan persetujuan, tetapi hari tidak kurang dari 1 jam.

Selama periode ini pembacaan meter aliran (*flowmeter*) beda tekanan yang mengukur aliran primer biasanya harus dilakukan setiap setengah menit. Pembacaan keluaran daya listrik jika didasarkan kepada wattmeter dalam hal tanpa meter integrasi (*integrating meter*) (lihat 4.2.6) harus dilakukan dengan selang waktu tidak lebih dari satu menit. Pembacaan tekanan dan suhu primer harus dilakukan dengan selang waktu lima menit. Kondisi yang berfluktuasi mengharuskan selang waktu antara pembacaan yang lebih pendek, terutama pada meter aliran, atau suatu waktu pengujian yang lebih lama agar dicapai harga rata-rata yang representatif (lihat 4.3.5.). Lama uji kapasitas harus dipilih yang sesuai. Saat pembacaan harus ditunjukkan kepada pengamat dengan sinyal dari dan menurut jam induk. Sebagai pilihan lain dapat digunakan jam yang dipakai pengamat, yang harus dicocokkan satu dengan yang lain sebelum setiap pengujian.

3.8.4 Pembacaan instrumen untuk integrasi

Nilai tengah keluaran daya listrik dan aliran massa dapat juga ditentukan oleh instrumen ukur integrasi (*integrating measuring instrument*) dengan membagi perbedaan dalam pembacaan pada saat awal dan akhir dari pengujian dengan selang waktu yang bersangkutan.

Semua instrumen ukur integrasi harus dibaca dengan serentak. Instrumen ukur penunjuk (*indicating measurement instrument*) yang bersangkutan harus dibaca pada waktu yang bersamaan atau hampir bersamaan.

Disarankan, pembacaan dilakukan secara serentak pada semua instrumen integrasi pada selang waktu yang teratur selama pengujian. Ini akan memungkinkan dilakukannya pengecekan terhadap konsistensi (*consistency*) dan memberi waktu untuk penyesuaian evaluasi, jika perlu, setelah kesimpulan pengujian.

Semua pengamatan lain akan dimulai sesaat sebelum dan diberhentikan sesaat setelah periode uji yang dimaksud, asalkan semua kondisi operasi tetap.

Tabel 1 : Simpangan dan fluktuasi maksimum dalam kondisi operasi

Variabel	Simpangan maksimum yang diizinkan dari harga rata-rata pengujian menurut yang ditentukan dalam spesifikasi	Fluktuasi cepat maksimum yang diizinkan dari harga rata-rata selama sembarang suatu pengujian langsung (Catatan 1)
Tekanan uap awal	—	$\pm 0,5\%$ dari tekanan absolut
Suhu uap awal dan suhu uap panas ulang	$\pm 8^{\circ}\text{C}$ untuk panas lanjut 25°C $\pm 15^{\circ}\text{C}$ untuk panas-lanjut 25°C	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ $\pm 4^{\circ}\text{C}$
Fraksi masuk pada sisi masuk turbin yang disuplai dengan uap basah	$\pm 0,005$	0,001
Tekanan pada sisi buang (turbin kondensasi)	$\pm 25\%$ tekanan absolut (lihat Catatan 5)	$\pm 5\%$
Suhu air isian	$\pm 8^{\circ}\text{C}$ (lihat Catatan 3)	—
Tekanan ekstraksi	Catatan 4	—
Daya	$\pm 5\%$	$\pm 0,25\%$
Tegangan	$\pm 5\%$	—
Faktor daya	Dapat bervariasi antara 1 dan 0, (Nilai spesifikasi 0,05)	—
Jika kondensor termasuk dalam garansi		
Suhu air pendingin pada sisi masuk	$\pm 5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
Aliran air pendingin	$\pm 10\%$	—
Suhu udara pada sisi masuk (untuk kondensor yang didinginkan dengan udara)	$\pm 10^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$

Catatan:

1. Fluktuasi cepat adalah fluktuasi yang frekuensinya lebih besar dari dua kali frekuensi pembacaan.
2. Dari setiap kejadian variasi tekanan dan suhu yang diperbolehkan oleh pabrikan harus tidak dilampaui.

3. Pembatasan yang masih mungkin dapat ditentukan oleh pabrikan ketel atau kontraktor.
4. Simpangan beberapa persen dalam tekanan ekstraksi jika dibandingkan dengan nilai desain, umumnya mempunyai pengaruh yang dapat diabaikan pada prestasi keseluruhan. Seandainya terdapat simpangan besar yang tidak sebanding dalam aliran uap ekstraksi, yang memberi petunjuk tentang ketidakberesan pemanas, maka pengaruhnya pada prestasi keseluruhan dapat menjadi serius, dan persetujuan kemudian harus dicapai untuk tindakan selanjutnya.
5. Jika tekanan pada sisi buang dari pengujian menyimpang dari spesifikasi lebih dari 2,5% atau 0,03 bar (mana yang lebih besar), koreksi tekanan sisi buang harus dibuktikan dengan pengujian atas tuntutan salah satu pihak yang bersangkutan dengan pengujian itu.

3.8.5 Metoda pilihan

Metoda pilihan disajikan dalam peraturan ini untuk melakukan bagian-bagian pengujian tertentu. Laporan pengujian harus menyatakan pilihan mana yang telah dilaksanakan.

3.8.6 Pencatatan pengujian

Setiap pengamat harus mencatat hasil pengamatannya sesuai dengan kenyataan sekurang-kurangnya rangkap dua. Satu set catatan yang dibuat demikian itu harus menjadi milik masing-masing dari dua pihak utama yang bersangkutan dengan pengujian. Koreksi dari nilai yang telah dikoreksi harus dimasukkan secara terpisah dalam catatan pengujian.

3.8.7 Pengukuran tambahan

Disarankan satu atau lebih tingkatan tekanan dan suhu diamati selama pengujian, hal-hal ini dapat membantu sebagai suatu sarana pengungkap sebab-sebab atas ketidak konsistenan pengujian.

3.8.8 Perhitungan pendahuluan

Perhitungan pendahuluan dari koreksi dan hasil pengujian harus dilaksanakan segera setelah pengujian untuk pemastian kebenaran data yang diambil.

3.8.9 Kekonsistenan pengujian

Pengujian yang berurutan harus dianggap tidak konsisten, jika hasilnya berbeda dari hasil pengujian-pengujian lain pada titik keluaran yang sama dan telah dikoreksi pada kondisi operasi yang sama, dengan lebih dari 0,25%. Pada kondisi yang menguntungkan perbedaan antara pengujian yang berurutan pada titik keluaran yang sama dan telah dikoreksi (pada pengoperasian yang sama) dengan kondisi yang dispesifikasikan dapat diharapkan cocok dalam batas kira-kira 0,25%.

Seandainya terjadi ketidak konsistenan yang serius, baik selama pengujian, maupun selama penghitungan hasil-hasil pengujian yang berurutan, pengujian atau pengujian-pengujian harus ditolak secara keseluruhan atau sebahagian, kecuali jika disetujui lain.

3.9 Pengulangan Uji Siap-guna

Jika hasil uji siap-guna tidak memuaskan, pemasok harus diberi kesempatan untuk membuat modifikasi dan mengulang pengujian dalam perpanjangan waktu

yang cukup atas biaya sendiri. Suatu pengulangan dapat juga diminta oleh salah satu dari pihak yang bersangkutan dengan kontrak, jika hasilnya meragukan. *) Jika pensuplai, karena berbagai alasan yang menyangkut tanggung jawabnya, telah membuat modifikasi setelah uji siap-guna yang memungkinkan, bahwa nilai garansi tidak lagi memenuhi batas kelonggaran tertentu, uji siap-guna dapat diulang kembali atas permintaan pemakai.

4 TEKNIK PENGUKURAN DAN INSTRUMEN UKUR

4.1 Umum

4.1.1 Instrumen ukur

Instrumen yang umumnya diperlukan untuk suatu uji siap-guna sebuah turbin uap adalah sebagai berikut (lihat gambar 2 dan 3, untuk pengaturan tipikal):

- (a) Jika menguji turbin secara terpisah, sebuah dinamometer dengan tipe yang cocok untuk itu.
- (b) Instrumen-instrumen untuk penentuan keluaran listrik dan daya untuk eksitasi (excitation) jika disuplai terpisah dan untuk alat bantu lainnya yang disebutkan dalam 4.2.3., untuk sebuah generator turbin.
- (c) Alat pengukur aliran
- (d) Alat ukur Bourdon atau Deadweight, manometer, tabung U atau transduser untuk mengukur tekanan atau beda tekanan.
- (e) Instrumen yang cocok untuk menentukan suhu.
- (f) Sarana untuk menentukan fraksi, kering uap, jika tidak dipanas-lanjutan.
- (g) Manometer air raksa atau kolom air raksa untuk menentukan vakum atau tekanan absolut.
- (h) Sarana untuk menentukan aliran bocoran uap atau air dari atau ke gland.
- (i) Sarana pengukuran untuk menentukan kebocoran air pendingin kondensor dan, jika perlu, kebocoran udara kondensor.
- (j) Barometer (lihat 4.4.6)
- (k) Termometer untuk menentukan suhu dari kolom air raksa, manometer, barometer, batang termometer gelas yang terlihat dan untuk mengukur suhu air dalam tangki ukur volumetris, jika dipakai.
- (l) Alat ukur tekanan, termometer dan meter air atau yang sejenis, untuk mengukur pengisian air tambahan ketika dimasukkan ke dalam sistem.
- (m) Sarana pengukuran cairan atau, pilihan lain, alat ukur tekanan dan instrumen pengukur suhu yang dapat disetujui untuk menentukan aliran kurasan pemanas dengan metoda neraca kalor.
- (n) Petunjuk kecepatan putar, sebagai didefinisikan dalam l.
- (o) Jam induk dengan sistem sinyal yang disinkronkan atau pilihan lain, jam atau arloji yang dicocokkan.
- (p) Instrumen yang perlu untuk menunjukkan atau mencatat kondisi operasi dari generator pada waktu pengujian.

*) Dalam setiap peninjauan kembali di masa datang dari IEC Publikasi 45, isi syarat ini harus digabungkan.

- (q) Sarana seperti weirs, meter atau tabung venturi untuk menentukan aliran air pendingin kondensor dan termometer untuk mengukur suhunya, jika garansi didasarkan pada aliran dan suhu air pendingin kondensor.
- (r) Sarana, seperti tangki, tabung venturi, nosel, atau corot (orifice) untuk pengukuran aliran air buangan dari setiap alat pemisah air yang diletakkan sesudah titik di mana tekanan uap awal harus diukur, jika aliran ini tidak termasuk dalam pengukuran lainnya.

4.1.2 Ketidakpastian pengukuran

Pengukuran dari setiap kuantitas yang masuk ke dalam perhitungan hasil pengujian tidak akan bebas dari beberapa tingkat kesalahan dan hasil pengujian akan terkena sesuatu tingkat ketidakpastian tergantung kepada pengaruh gabungan dari semua kesalahan pengukuran.

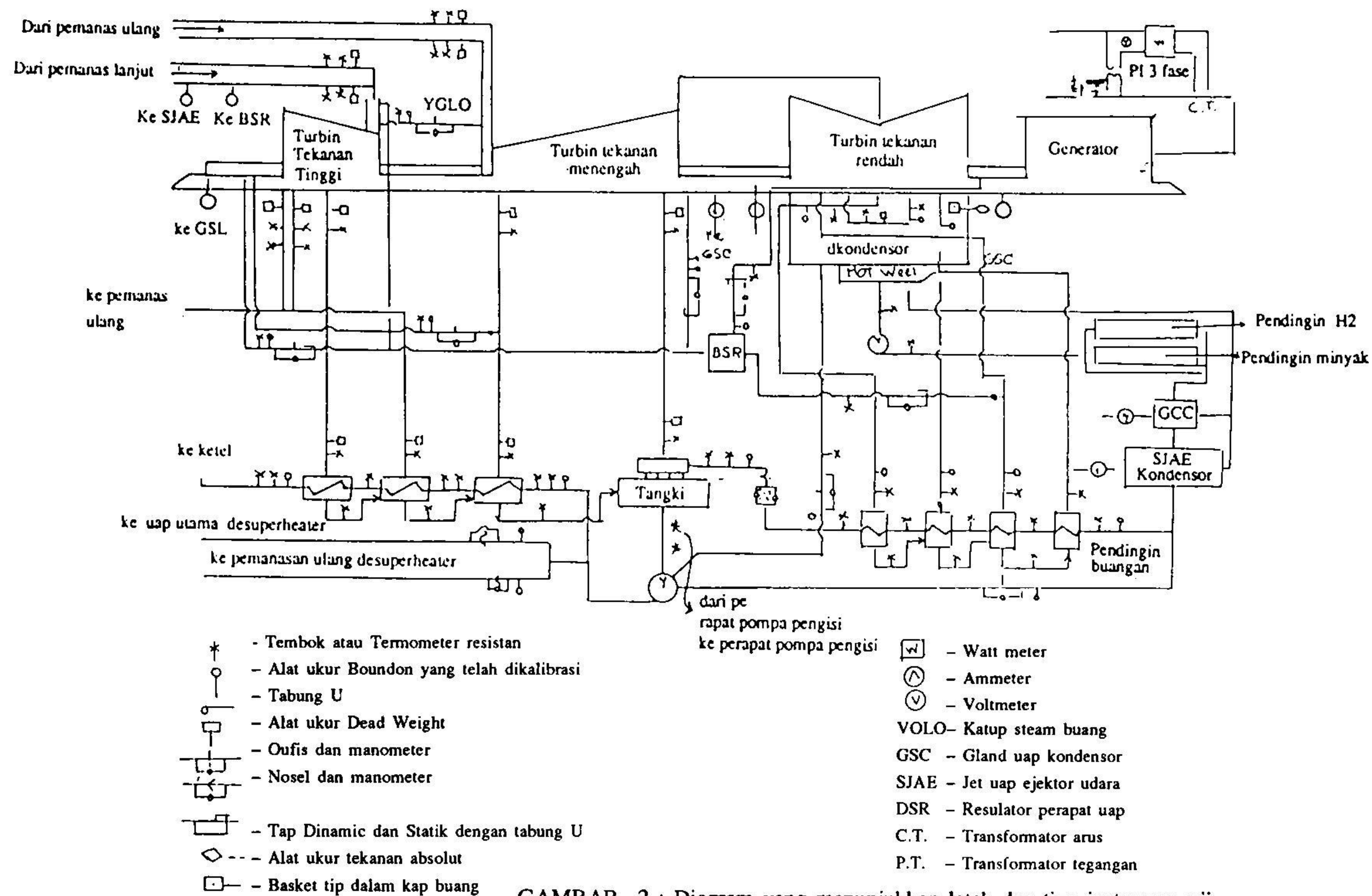
Dari berbagai pengukuran yang masuk ke dalam perhitungan pengujian taraf uap, dua pengukuran penting yang dominan adalah keluaran daya listrik dan aliran uap utama. Suatu kesalahan dalam persen yang terjadi pada pengukuran keluaran daya listrik menyebabkan suatu kesalahan dalam persen yang sama pada perhitungan taraf uap atau taraf kalor. Hal yang sama akan berlaku juga pada kesalahan dalam persen yang terjadi pada penentuan aliran uap utama.

Nilai terukur aliran uap utama harus dicocokkan dengan memperhitungkan berbagai aliran sekunder yang perlu untuk operasi instalasi (lihat 4.3.1. dan 4.3.6). Banyak juga aliran ekstra yang harus diisolasi atau diukur (lihat 3.4.4.1. dan 3.4.4.2) dan akhirnya hampir pasti ada beberapa kebocoran yang tidak diperhitungkan (lihat 4.3.6.9).

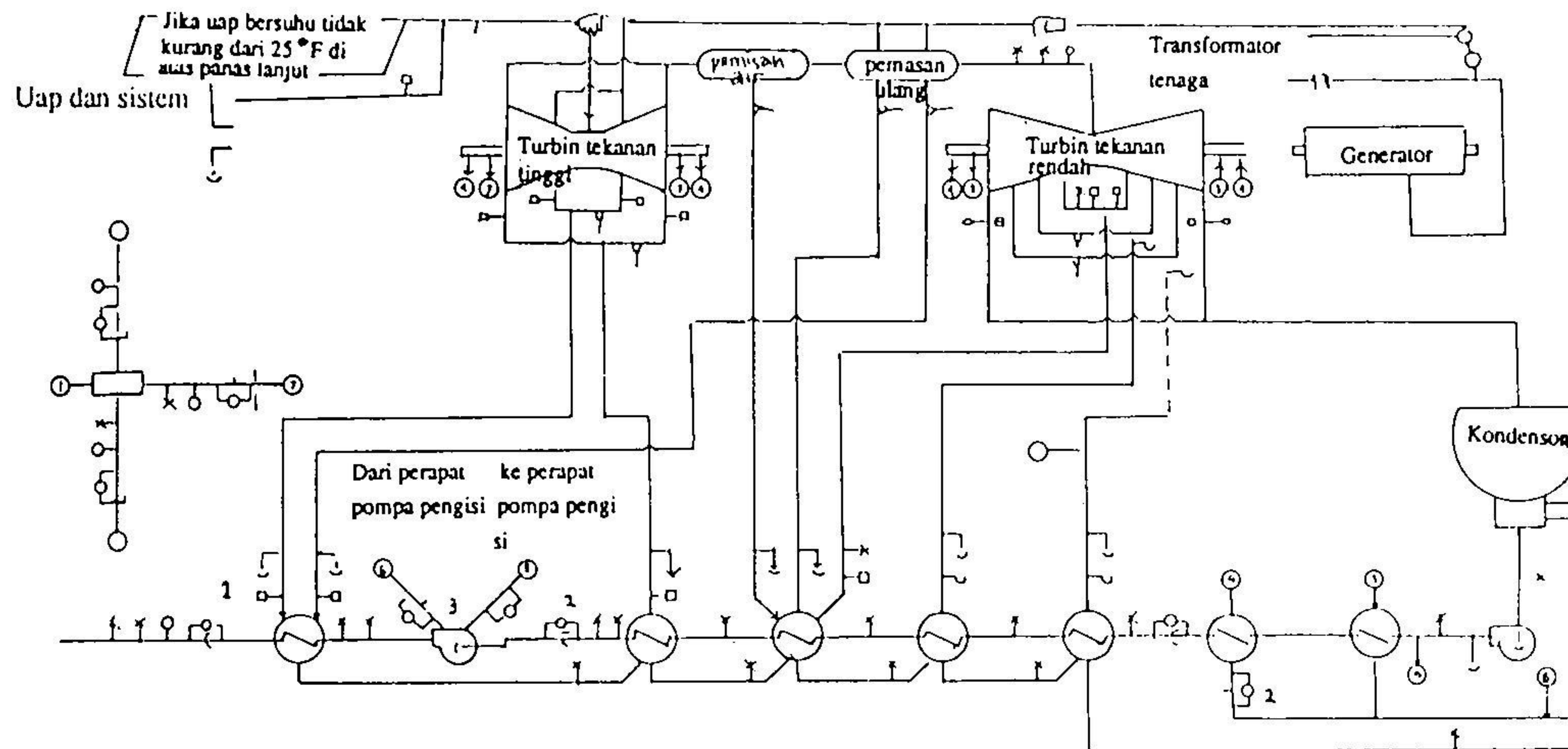
Ketidakpastian selanjutnya dalam perhitungan efisiensi termal atau termodinamik timbul dari kesalahan dalam mengukur kondisi terminal yang terdaftar dalam 6.4., terutama suhu uap awal dan uap panas ulang. Kesalahan mengukur suhu pengisi akhir akan mempengaruhi juga perhitungan efisiensi termal atau termodinamik. Kesalahan ini diperhitungkan dalam nilai ketidak telitian penentuan entalpi yang diberikan dalam contoh di bawah ini.

Untuk memperkirakan kesalahan yang mungkin dalam perhitungan efisiensi termal atau termodinamik, dianjurkan agar pengaruh gabungan berbagai kesalahan pengukuran diambil sebagai akar pangkat dua dari jumlah pangkat dua semua kesalahan yang dihitung secara terpisah dalam efisiensi termal atau termodinamik yang disebabkan oleh setiap kesalahan pengukuran. Sebagai ilustrasi kesalahan yang mungkin dapat timbul dari nilai kesalahan yang wajar dalam pengukuran utama, diberikan contoh berikut ini.

Kesalahan efisiensi termal akibat ketidak telitian pengukuran:



GAMBAR 2 : Diagram yang menunjukkan letak dan tipe instrumen uji.
(Instalasi dengan bahan bakar Fosil)



- | | | |
|--|-------------------|----------------------------|
| * Thermokopel atau termometer | □ Tip Basket | Watt meter |
| ○ Alat ukur Boundon terkalibrasi | ▷ Injeksi Pelacak | Ammeter |
| □ Alat ukur Dead weight | ↓ Contoh air | Voltmeter |
| U Tabung U | | GSC Gland uap kondensor |
| U Oufis atau manometer | | SJAE Jet uap ejektor udara |
| U Nosel atau Ventresi dan Manometer | | GSA Resulator perapat uap |
| U Tap dinamik dan statik dengan tabung U | | C.T. Transformator arus |
| ○ Alat ukur tekanan absolut | | P.T. Tranformator tegangan |

Gambar 3 : Diagram yang menunjukkan letak dan tipe instrumen uji.
(Instalasi dengan bahan bakar nuklir)

Daya listrik $\pm 0,1 \%$
Pengukuran aliran

primer $\pm 0,2 \%$,
sekunder $\pm 0,1 \%$,
yang tak diperhitungkan $\pm 0,1 \%$,
kesalahan gabungan yang disebabkan oleh
Pengukuran $\pm 0,25 \%$,

Penentuan beda entalpi $\pm 0,1 \%$,

Kesalahan gabungan yang mungkin dari hasil
pengujian efisiensi termal $\pm 0,3 \%$,

4.1.3 Kalibrasi instrumen

Instrumen harus dikalibrasi sebelum pengujian. Instrumen tersebut harus dikalibrasi ulang sesudah pengujian seperti disyaratkan dalam peraturan ini atau sebagaimana disetujui oleh pihak yang bersangkutan dengan pengujian. Sebuah sertifikat kalibrasi yang diterbitkan oleh badan yang berwenang dapat diterima.

4.1.4 Instrumentasi pilihan

Dengan persetujuan bersama pihak yang bersangkutan dengan pengujian, sistem instrumen yang lebih maju seperti instrumen yang menggunakan peranti elektronik atau teknik aliran massa, dapat digunakan sebagai pilihan untuk persyaratan instrumen wajib, asalkan pemakaian sistem tersebut membuktikan ketelitian yang setara dengan yang disyaratkan oleh peraturan ini.

4.1.5 Air raksa dalam instrumentasi

Air raksa dan senyawa air raksa dapat bereaksi dengan bahan komponen instrumen dan menimbulkan persoalan lingkungan. Tekanan gas airraksa yang sangat rendah merupakan bahaya bagi kesehatan yang serius jika terjadi tumpahan. Diperlukan perhatian sungguh-sungguh dan ketaatan terhadap semua peraturan yang menyangkut pemakaian air raksa. Jika air raksa digunakan, maka harus diambil tindakan pencegahan sebagai berikut ini:

- (a) Usahakan katup instrumen tetap tertutup, kecuali selama pengujian berlangsung.
- (b) Pasangkan katup solenoid tutup cepat (*quick closing solenoid valve*) pada saluran pengindera tekanan instrumen agar menutup secara otomatis dalam hal sistem terganggu.
- (c) Pergunakan perangkap air raksa (*mercury trap*) ganda.
- (d) Tempatkan elemen aliran primer dalam bagian bersuhu rendah dari siklus air-isian instalasi nuklir, dimana selanjutnya dipindahkan dari sistem suplai uap.

4.2 Pengukuran Daya

4.2.1 Penentuan daya turbin

Keluaran turbin uap dapat ditentukan dengan salah satu dari empat teknik berikut ini, jika mesin yang diputar tidak termasuk dalam kontrak:

- (a) Dengan mengukur keluaran pada generator dan menambahkan kerugian generator (lihat 4.2.4.).
- (b) Dengan mengukur momen puntir dan kecepatan pusat Dinamometer absorpsi atau dinamometer transmisi diperbolehkan, asalkan tindakan pencegahan telah diambil dalam konstruksi dan penggunaannya, untuk menjamin ketelitian, termasuk generator listrik atau generator arus pusar yang masukannya diukur oleh reaksi stator.
Jika pelayanan daya alat bantu turbin, seperti governor, pompa minyak pelumas dan sebagainya, diperoleh dari suplai energi luar, maka daya yang digunakan harus dikurangkan dari keluaran pada kopling turbin untuk menentukan keluaran neto pada kopling turbin.
- (c) Dengan membuat suatu neraca energi turbin uap
Keluaran diperoleh dari jumlah aljabar semua aliran energi yang melalui lingkup neraca energi yang terletak di sekeliling turbin uap. *).
- (d) Dengan membuat suatu neraca energi mesin yang diputar (misalnya kompresor, pompa)
Keluaran diperoleh dari jumlah aljabar semua aliran energi yang melalui lingkup neraca energi yang terletak di sekeliling mesin yang berputar. *)

4.2.2 Pengukuran daya pompa pengisi ketel

Untuk suatu evaluasi lengkap dan untuk koreksi hasil uji sesuai dengan definisi garansi biasanya perlu diukur daya yang dipakai oleh pompa pengisi ketel. Hal ini bersangkutan dengan kenaikan entalpi air **), dan mungkin daya yang dipakai oleh kopling hidrolik dan pengubah kecepatan, jika pompa itu digerakkan secara langsung oleh poros utama, atau turbin uap bantu yang digerakkan secara langsung oleh poros utama, atau turbin uap bantu yang digerakkan oleh peneratan (*bleed*) turbin utama.

Tanpa penggunaan dinamometer:

- (a) Jika pompa digerakkan oleh motor listrik, maka daya yang dipakai oleh pompa dapat diperoleh dari daya yang dipakai oleh motor, dengan memperhatikan efisiensi motor, dan boleh jadi dari pengukuran daya yang dipakai oleh kopling hidrolik dan pengubah kecepatan.
- (b) Jika pompa digerakkan langsung oleh poros utama, maka daya yang dipakai oleh pompa dan daya yang dipakai oleh kopling hidrolik serta pengubah kecepatan harus diukur.
- (c) Jika pompa digerakkan oleh turbin bantu, maka pemakaian daya total dapat dinilai dengan mengukur aliran uap dan data dasar yang diberikan oleh pabrikan turbin, atau dengan pengukuran langsung seperti pada b.

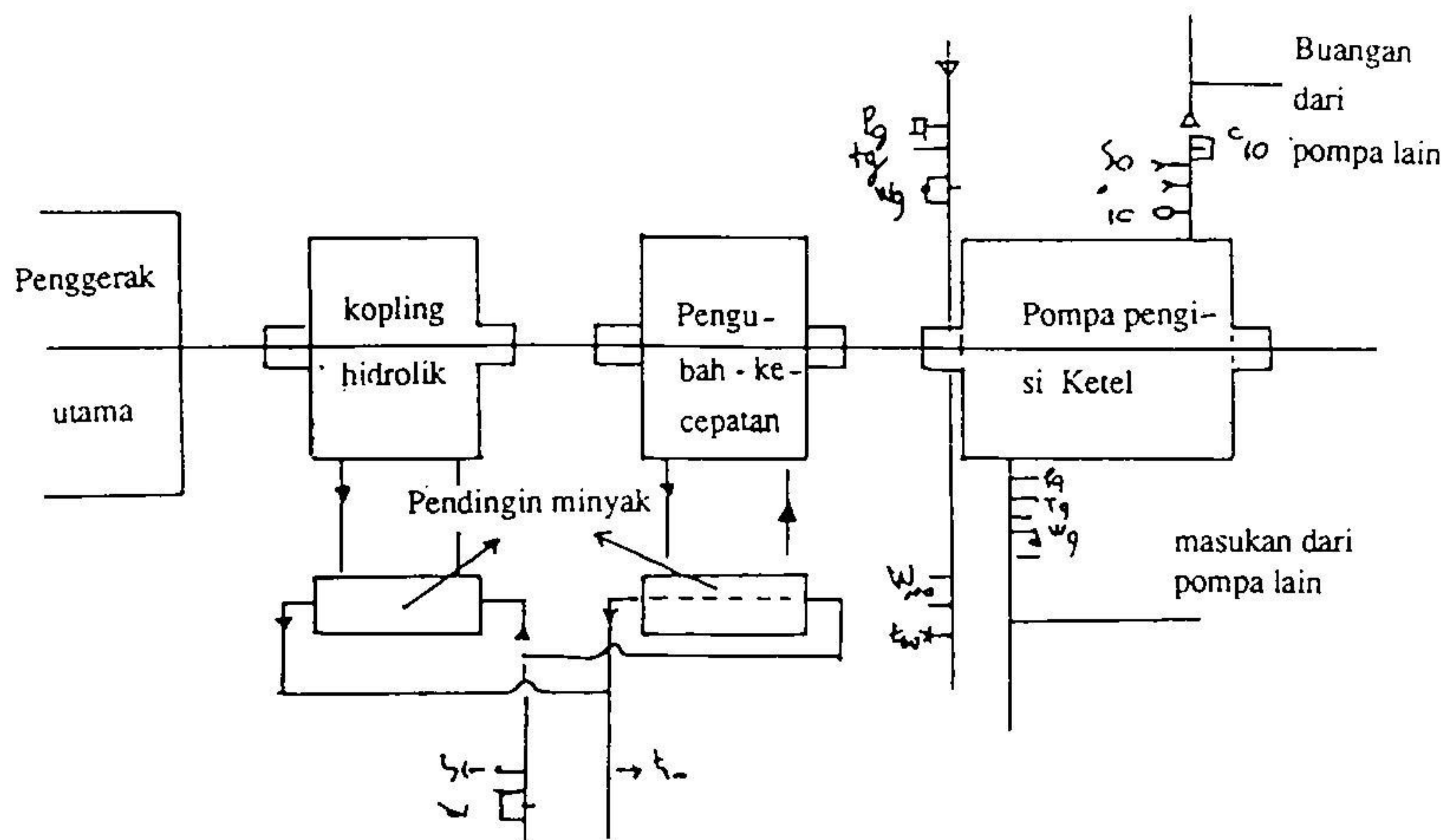
Contoh yang berikut, di mana sebuah pompa pengisi ketel digerakkan oleh poros utama lewat kopling hidrolik dan pengubah kecepatan (lihat gambar 4), menunjukkan betapa mungkin mengukur secara langsung daya yang dipakai oleh pompa dan daya yang dipakai oleh kopling serta pengubah kecepatan.

*) Aliran energi yang tidak berarti seperti kalor yang terbuang ke lingkungan akibat konduksi atau radiasi, pada umumnya dapat diperkirakan dengan ketelitian yang cukup dan tidak perlu diukur.

**) Dalam banyak hal kerugian mekanis dan kerugian kalor pompa dapat diabaikan.

Gambar 4:

Melukiskan contoh pompa pengisi ketel yang digerakkan via kopling hidrolik dan pengubah kecepatan, yang memperlihatkan bagaimana dimungkinkannya pengukuran secara langsung daya yang dipakai oleh pompa dan daya yang dipakai oleh kopling serta pengubah kecepatan.



Notasi :

- g_i – tempat masuk air injeksi gland
 g_o – tempat keluar air injeksi gland
 o_i – air masuk pendingin minyak
 o_o – air keluar pendingin minyak

Gambar 4 : Instrumentasi tipikal untuk pengukuran daya pompa pengisi ketel.

Daya pompa itu paling baik ditentukan dari kenaikan entalpi spesifik sepanjang pompa itu dikalikan dengan aliran massa. Jadi:

$$P = (M_{10} \cdot h_{10} - M_g \cdot h_g) + (M_{g0} \cdot h_{g0} - M_{gi} \cdot h_{gi}) \quad (6)$$

Lambang yang lain mempunyai arti seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4. Nilai h sebagai fungsi tekanan dan suhu diberikan dalam tabel uap.

Karena kenaikan suhu sepanjang pompa itu kecil, maka disyaratkan derajat presisi yang tinggi dalam pengukuran suhu. Jika pengukuran presisi tidak ada, nilai efisiensi pompa yang diberikan oleh pabrikan dapat digunakan bersama dengan aliran massa dan kenaikan tekanan yang diukur, tetapi terkecuali nilai itu didasarkan kepada pengujian yang mencakup seluruh daerah beban, maka hal itu masih dapat dipertanyakan.

Kerugian daya dalam kopling hidrolis dan roda gigi serta bantalan yang bersangkutan adalah setara dengan kalor yang diserap oleh air pendingin minyak. Jika mungkin dan beralasan, daya yang setara dengan kerugian radiasi umumnya diabaikan.

4.2.3 Penentuan daya listrik sebuah generator turbin

Daya neto sebuah generator turbin didefinisikan sebagai berikut:

$$P_g = P_b - P_a \quad (7)$$

Jika suatu alat bantu digerakkan oleh sebuah motor listrik, daya P_a adalah daya yang diberikan kepada motor itu. Hal ini berlaku pada, baik daya itu diperoleh dari terminal generator pada sisi hilir titik di mana P_b diukur atau dari suatu suplai daya yang dibangkitkan secara terpisah.

Jika suatu alat bantu digerakkan oleh sarana lain, misalnya sebuah pompa atau penguat (*exciter*) yang digerakkan oleh penggerak utama, daya P_a adalah masukan daya dalam Kopling.

Jika penguatan dibangkitkan dari terminal generator pada suatu titik pada sisi hilir dari titik dimana P_b diukur atau dari sesuatu sumber lain, maka P_a adalah masukan daya ke sarana penguat.

Jika generator turbin, instalasi kondensasi dan instalasi pemanas air-isian digaransi sebagai suatu unit gabungan, maka persyaratan daya kondensor dan alat bantu pemanas air harus diperlukan sesuai dengan persyaratan kontrak.

4.2.4 Pengukuran daya listrik

Pada generator tiga fase dengan netral dibumikan langsung atau dengan sistem empat-kawat, maka daya unit akan diukur dengan metoda tiga-wattmeter.

Pada generator tiga fase dengan netral dibumikan lewat tahanan, reaktansi, atau transformator dengan tahapan, maka dayanya dapat diukur dengan metoda dua-wattmeter, tetapi akan lebih baik dengan tiga-wattmeter. Dalam setiap kasus tersebut diatas, watt-hourmeter dapat digunakan sebagai pengganti wattmeter.

Pengukuran ganda daya listrik, jika mungkin, termasuk penggandaan transformator tegangan dan arus, akan meningkatkan ketelitian.

4.2.5 Sambungan instrumen listrik

Instrumen harus disambung ke saluran dari generator sedekat mungkin dengan terminal generator dan pada sisi generator dari sambungan luar, di mana daya dapat masuk atau keluar dari rangkaian generator.

Hantaran ke meter harus diatur sedemikian rupa, sehingga tidak dapat mempengaruhi pembacaan meter yang disebabkan oleh induktansi atau sebab lain yang serupa. Induktansi dapat dihilangkan dengan menjalin setiap pasang kawat penghantar, paling sedikit satu meter dari titik kedudukan instrumen. Sebaiknya diperiksa pengaturan keseluruhan meter terhadap adanya medan liar, tidak hanya dari hantaran instrumen, tetapi juga dari sumber lain.

Sedapat mungkin kalibrasi transformator harus dilakukan dengan instrumen dan kawat yang sama dan tersambung seperti dalam pengujian.

Jika tidak, kesalahan yang disebabkan oleh tahanan pengawatan, dan sirkit tegangan harus tidak menyebabkan kesalahan lebih dari 0,1% penunjukan daya dalam garansi generator turbin. Besar kawat dengan panjang tertentu dari pengawatan dan beban tertentu dari transformator tegangan harus dipilih yang sesuai, dengan memperhitungkan tahanan dari pengaman lebur (*safety fuse*) yang harus digunakan dalam sirkit tegangan. Kesalahan yang disebabkan oleh tahanan pengawatan (termasuk pengaman lebur) harus selalu diperhitungkan.

4.2.6 Instrumen listrik

Watt-hourmeter portable presisi satu fase atau banyak fase dengan tingkat ketelitian tidak lebih dari 0,1% nilai skala penuh, harus digunakan dengan transformator arus dan tegangan yang sesuai untuk pengukuran keluaran listrik.

Ammeter, voltmeter dan wattmeter portabel harus dimasukkan dalam sirkit pengukuran untuk meyakinkan, bahwa beban generator cocok dengan kondisi yang ditentukan selama pengujian, dan di samping itu untuk mengukur arus, tegangan serta faktor daya.

Wattmeter dan watt-hourmeter kelas tinggi portabel secara praktis tidak mempunyai kesalahan pemanasan, dan instrumen seperti itulah yang harus digunakan pada semua pengujian yang memerlukan ketelitian maksimum. Suhu kalibrasi harus sama atau hampir sama dengan suhu ambien selama pengujian berlangsung.

Jika watt-hourmeter digunakan untuk mengukur keluaran energi listrik, maka meter tersebut harus dikalibrasi dan disetel di laboratorium, sehingga mempunyai karakteristik operasi terbaik di daerah nilai uji.

Waktu pencatatan harus diukur dengan ketelitian 0,03% (atau sekitar satu detik dalam satu jam). Pembacaan watt-hourmeter harus dicatat selama pengujian pada selang waktu yang teratur (paling sedikit setiap lima menit).

4.2.7 Transformator instrumen

Transformator instrumen arus dan tegangan dengan harga nominal dan karakteristik yang sesuai khusus bagi pengujian harus digunakan. Nilai koreksi rasio dan sudut fase pada kondisi, pembebanan setara

dengan instrumen uji dan beban yang digunakan selama pengujian, harus didapat dengan tatacara kalibrasi yang diakui, untuk mencakup rentang nilai uji arus dan tegangan. Transformator tegangan harus digunaskan tanpa beban selain yang dari instrumen uji dan hantarnya.

4.2.8 Pengukuran banding dan kalibrasi ulang instrumen dan transformator

Dalam hal pengukuran keluaran listrik dengan instrumen tunggal per fase, maka semua wattmeter dan watthourmeter harus dikalibrasi ulang secara sendiri-sendiri dengan sebuah meter standar yang dibawa ke tempat pengujian, segera setelah setiap pengujian. Instrumen yang lain harus diperbandingkan dengan cara yang sama, jika diminta oleh salah satu pihak.

Jika sebuah wattmeter atau watthourmeter diperbandingkan setelah pengujian, dengan cara yang sesuai dengan pasal 4.1.3 dan koreksi pada setiap titik yang ditemukan berbeda lebih dari nilai yang ditetapkan, (agar, untuk pekerjaan yang paling teliti, 0,15% dari nilai skala penuh atau nilai pembacaan untuk watthourmeter), maka satu atau lebih pembandingan tambahan harus segera dapat dibuat pada titik tersebut sampai koreksi tidak berbeda satu sama lain lebih dari 0,1% dari nilai skala penuh atau nilai pembacaan untuk watthourmeter. Rata-rata hasil ini harus diambil sebagai koreksi pada titik yang menjadi masalah pada waktu pembandingan ini. Dalam hal variasi berlebihan (0,15% dari nilai skala penuh atau nilai pembacaan untuk watthourmeter) masih ada, maka nilai baru yang didapat harus dianggap benar dan semua pengujian di mana titik skala ini dapat menyebabkan kesalahan harus diselidiki.

Dalam kasus pengukuran ganda atau pengukuran jamak daya listrik per fase, maka hasil-hasil yang berbeda harus diperbandingkan dan nilai rata-rata harus diambil untuk perhitungan akhir. Jika perbedaan melebihi 0,15% maka pengukuran banding instrumen seperti yang diuraikan di atas harus dilakukan.

Kalibrasi ulang atau pemeriksaan ulang transformator arus dan tegangan tidak perlu, kecuali jika timbul keraguan serius tentang keandalan fungsi transformator. Disarankan transformator dikalibrasi di tempat, konsekwensinya sambungan tidak boleh dilepas, karena penyebab simpangan mungkin dari tahanan kontak dalam pengawatan, sambungan yang longgar, dan lain-lain.

4.3 Pengukuran Aliran**4.3.1 Penentuan aliran**

Dalam melaksanakan uji siap-guna, aliran yang harus diukur dapat dibagi dalam dua kategori:

Aliran primer : Aliran yang berbanding lurus dengan keluaran daya dan harus diukur dengan presisi derajat tinggi. Presisi yang perlu pada umumnya hanya dapat dicapai dengan pengukuran aliran. Untuk memeriksa ketelitian pengukuran aliran primer, dua jenis pengukuran harus dilakukan secara serentak dan diperbandingkan (lihat 4.3.3.).

Aliran sekunder : Aliran yang perlu untuk operasi instalasi, dan harus diperhitungkan dalam penyesuaian nilai terukur aliran primer, agar dapat menentukan aliran uap awal turbin dan aliran uap panas-ulang.

4.3.2 Pengukuran aliran air primer

Pengukuran aliran primer dapat dilakukan:

- (a) Dengan sarana nosel atau corot yang telah dikalibrasi atas persetujuan pihak yang bersangkutan dengan pengujian (lihat 4.3.2.1. dan 4.3.3.).
- (b) Dengan berat langsung memakai sarana tangki dengan skala yang sesuai.

(c) Dengan sarana tangki ukur volume yang telah dikalibrasi.
Jarang dipraktekkan atau sering tidak ekonomis untuk menggunakan tangki timbang atau tangki ukur volume untuk pengujian unit besar yang terpasang pada pembangkit daya modern, dan metoda yang umum untuk menentukan aliran adalah dengan sarana alat tekanan diferensial.

4.3.2.1 Alat tekanan diferensial untuk mengukur aliran air primer

Alat tekanan diferensial yang telah dikalibrasi harus digunakan untuk mengukur aliran, jika alat tersebut telah berulang kali membuktikan kemampuan dan ketelitian yang memuaskan kedua pihak, asalkan:

- Dipilih dari alat-alat yang disarankan berikut ini:
 - a. Pelat corot bertepi tajam (ref. ISO Recommendation ISO/R 541).
 - b. Nosel tap dinding (ref. ISO Recommendation ISO/R 541).
 - c. Nosel tap lekum eliptis. Alat ini tidak dicakup oleh ISO/R 541 dan karena itu sudah ditetapkan sebagai instrumen presisi, maka tabel lengkap diberikan pada Lampiran B.
- Rentang rasio diameter (d/D) yang disarankan adalah sebagai berikut:
nosel 0,25 - 0,50
corot 0,30 - 0,65
- Selama lintasan air melalui nosel, dsb., tekanan akan tetap tidak kurang dari 2,5 bar di atas tekanan jenuh yang sesuai dengan suhu terukur, ataupun, suhu aliran akan tetap tidak kurang dari 15°C di bawah suhu jenuh yang sesuai dengan tekanan absolut terukur terendah.
- Persyaratan dalam 4.3.2.2 harus dipenuhi.

4.3.2.2 Kalibrasi alat tekanan diferensial untuk aliran air

Idealnya setiap alat tekanan diferensial harus dikalibrasi dengan kondisi aliran yang sesuai dengan rentang yang sama bilangan Reynold seperti yang harus terjadi pada air turbin. Tetapi kenyataannya, bagaimanapun fasilitas laboratorium yang ada sekarang tidak mampu mencapai nilai bilangan Reynold sebesar nilai yang bersangkutan dengan kondisi aliran pengujian pada turbin uap yang besar dan modern. Masalahnya adalah bagaimana sebaiknya mengekstrapolasikan nilai koefisien buang yang ditentukan pada pengujian laboratorium berskala paling besar yang dapat dilaksanakan. Nilai yang diekstrapolasikan harus tidak berbeda melebihi 0,25% dari koefisien kurva pada bilangan Reynold terbesar yang dapat dicapai selama kalibrasi.

Kalibrasi harus dilakukan dengan pemipaan sisi hulu dan sisi hilir yang meliputi bagian aliran yang digunakan dalam pengujian, termasuk pelurus aliran jika digunakan.

Hal ini harus dibuktikan selama kalibrasi, bahwa setiap alat tekanan diferensial mampu mengulangi titik-titik kalibrasi yang terpilih meliputi rentang aliran secara tepat dalam batas $\pm 0,1\%$.

a. Pelat corot tajam

Pada corot tepi tajam, koefisien buang C_d berada dalam daerah 0,6 dan turun perlahan-lahan dengan kenaikan bilangan Reynold. Nilai koefisien α diberikan dalam ISO/R 541 sebagai fungsi bilangan Reynold (Re) sisi hulu, pangkat dua rasio luas (corot/pipa), dan posisi penempatan dari mana nilai koefisien buang C_d dapat ditentukan.

Jika C_d diplot terhadap $\sqrt{10.000/Re}$, maka didapat sebuah garis lurus. Kemiringan dan posisi garis yang didapat itu harus sedemikian, sehingga beda antara nilai C_d yang didapat dari garis ini pada kondisi pengujian dan nilai yang berkaitan yang diperoleh dari kurva referensi harus tidak lebih dari $\pm 0,25\%$.

b. Nosel tap dinding

Kurva referensi harus diturunkan dari data ISO/R 541 dan kalibrasi harus tidak menyimpang dari kurva referensi lebih dari $\pm 0,25\%$. Ekstrapolasi di luar rentang fasilitas kalibrasi diperbolehkan, asalkan memenuhi persyaratan yang umumnya mempunyai sifat yang sama dengan diterapkan pada nosel tap lekum.

c. Nosel tap lekum

Lihat Lampiran B.

4.3.2.3 Pemeriksaan alat tekanan diferensial

Elemen primer dan bagian alirannya harus dalam keadaan bersih dan tidak rusak selama periode pengujian. Hal ini harus ditentukan dengan pemeriksaan segera sebelum dan sesudah pengujian.

4.3.3 Pemasangan dan lokasi alat tekanan diferensial

Panjang minimum pemipaan lurus yang dipersyaratkan pada sisi hulu dan sisi hilir corot atau nosel dipengaruhi oleh konfigurasi pemipaan sebelum dan sesudah bagian-bagian lurus itu; keterangan tentang hal ini lihat standar ISO/R 541. Pada sisi hulu suatu nosel tap lekum sebuah pelurus aliran dipersyaratkan, seperti ditunjukkan dalam Lampiran C.

Dalam keadaan khusus untuk pengukuran dengan alat tekanan diferensial lain, pemakaian sebuah pelurus aliran harus dipertimbangkan. Pemakaian pelurus aliran yang tidak tepat dapat menyebabkan kesalahan. Lihat Lampiran C.

Tiap kalibrasi suatu elemen pengukur harus dilaksanakan dengan bagian pemipaan lurus yang lengkap pada sisi hulu dan hilir, termasuk pelurus aliran.

Disarankan agar salah satu dari alat ukur aliran primer itu ditempatkan dalam sistem pada suatu titik yang suhunya kurang dari 150°C , untuk mengurangi pengaruh suhu, yakni sembarang hasil distorsi elemen ukur. Lagi pula, suhu air yang lebih tinggi menghasilkan bilangan Reynold yang lebih besar yang kadang-kadang memerlukan ekstrapolasi koefisien kurva buang yang lebih besar. Agar dapat mempertahankan karakteristik awal alat ukur aliran, dianjurkan untuk mengikuti persyaratan berikut:

(a) Alat ukur aliran harus dibuat dari bahan tahan korosi.

(b) Jika alat ukur aliran ditempatkan dalam sirkit suhu tinggi, tindakan pencegahan khusus harus diambil untuk menghindarkan distorsinya (alat ukur dengan bahan yang sama seperti pipa atau pengaturannya dibuat sedemikian, sehingga menjamin pemuaian yang bebas).

Jika alat ukur aliran dipasang pada pipa yang berdiri tegak, suatu koreksi harus dilakukan untuk memperhitungkan beda berat jenis antara air yang mengalir melalui alat ukur aliran dan air yang berada dalam saluran tap tekanan.

Untuk memperkecil kesulitan memperoleh aliran yang tetap, maka alat ukuran aliran tidak boleh ditempatkan pada sisi buang pompa.

Dalam penempatan alat ukur aliran, haruslah dimanfaatkan pengaruh peredaman setiap penukar kalor dan pipa panjang yang terdapat dalam siklus. Alat ukur aliran juga harus diatur penempatannya untuk meniadakan pengaruh aliran sirkulasi ulang dan aliran langkau. Jika hal itu tidak mungkin, aliran ekstra harus diukur dengan ketelitian yang cukup, sehingga kesalahan dalam aliran primer yang kurang dari $\pm 0,1\%$.

Gambar 3, memperlihatkan lokasi instrumentasi aliran untuk siklus tipikal yang menggunakan uap basah dengan semua kurasan pemanas bertingkat ke kondensor. Pengukuran aliran primer ditempatkan pada sisi masuk pemanas tekanan rendah dan pipa buang pemanas tekanan tinggi dan berfungsi sebagai pengecek kemungkinan kebocoran. Jika pengukuran ini menyimpang melebihi $\pm 0,1\%$, pengisolasian siklus harus diperiksa ulang, kurva kalibrasi aliran harus diselidiki dan kemungkinan kebocoran pemanas harus dipertimbangkan.

Dalam hal ketidakcocokan tersebut harus berlangsung dan menunjukkan suatu ketidakmungkinan kondisi tidak bocor, maka aliran kondensor terukur harus dianggap sebagai satu-satunya pengukuran aliran primer, karena rentang suhu yang lebih menguntungkan, sehingga aliran air-isian harus diturunkan dari pengukuran kondensat ini. Jika ketidak-cocokan tersebut menunjukkan kebocoran pemanas, maka pengukuran aliran air-isian harus digunakan sebagai aliran primer. Pengukuran aliran secara ganda tidak akan diperlukan jika kebocoran pemanas ditentukan dengan menggunakan teknik pelacakan radioaktif. Metoda pelacak lain boleh digunakan, jika ketelitiannya sebanding dengan pengukuran aliran secara ganda.

Jika siklus air isian mencakup pengawas udara, maka dianjurkan untuk mengukur aliran kondensat yang masuk ke dalamnya. Hal ini meniadakan setiap kemungkinan kebocoran pemanas sirkulasi-ulang melalui alat ukur aliran. Jika siklus tidak mempunyai pengawas udara, maka disarankan agar aliran diukur sesudah melewati pemanas tekanan rendah dan sebelum masuk pompa pengisi ketel. Jika kurasan dari pemanas tekanan tinggi bergabung dengan aliran kondensat utama pada sisi hulu alat ukur aliran, maka perlu untuk mengukur aliran kurasan total dari pemanas tekanan tinggi dan untuk menghitung uap ekstraksi dengan neraca kalor sekitar pemanas untuk menentukan kebocoran pemanas tekanan tinggi.

Pada turbin yang menggunakan uap basah dan pemanas dengan kurasan yang dipompakan, pengukuran aliran secara ganda sekali lagi diperlukan untuk menentukan jika ada diantara pemanas itu yang bocor. Lokasi pengukuran aliran tekanan rendah akan tergantung pada pengukuran siklus. Kebocoran pemanas dapat juga diukur dengan menggunakan metode pelacak.

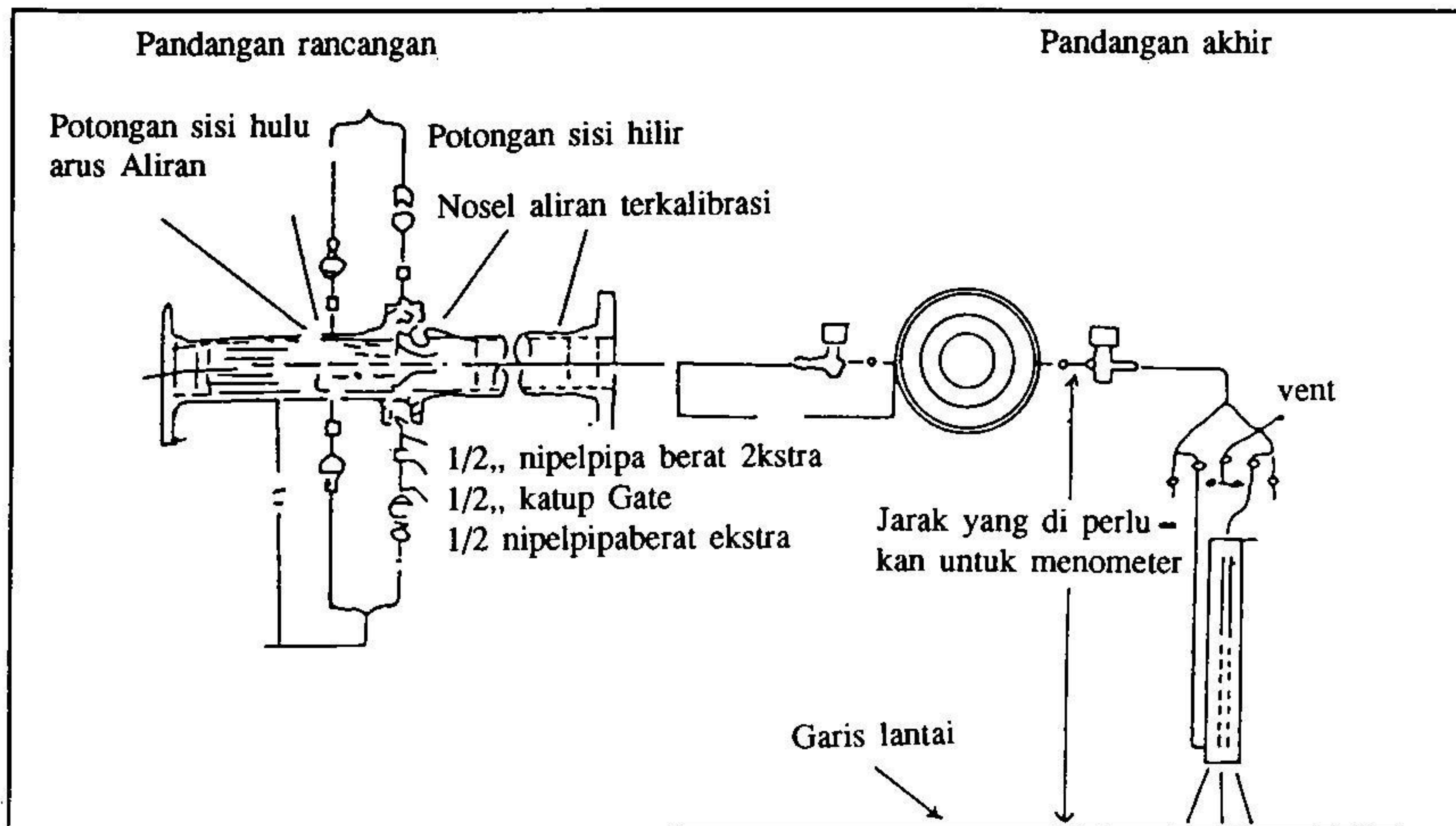
4.3.4 Pengukuran tekanan diferensial

Pengukuran tekanan diferensial mengharuskan penanganan yang khusus. Aliran primer harus ditentukan paling tidak dengan dua sistem pengukuran tekanan diferensial yang mandiri (tidak bergantung satu sama lain) yang dipasang dengan tindakan pencegahan seperti yang tertulis di bawah ini dan seperti yang digambarkan dalam gambar 5.

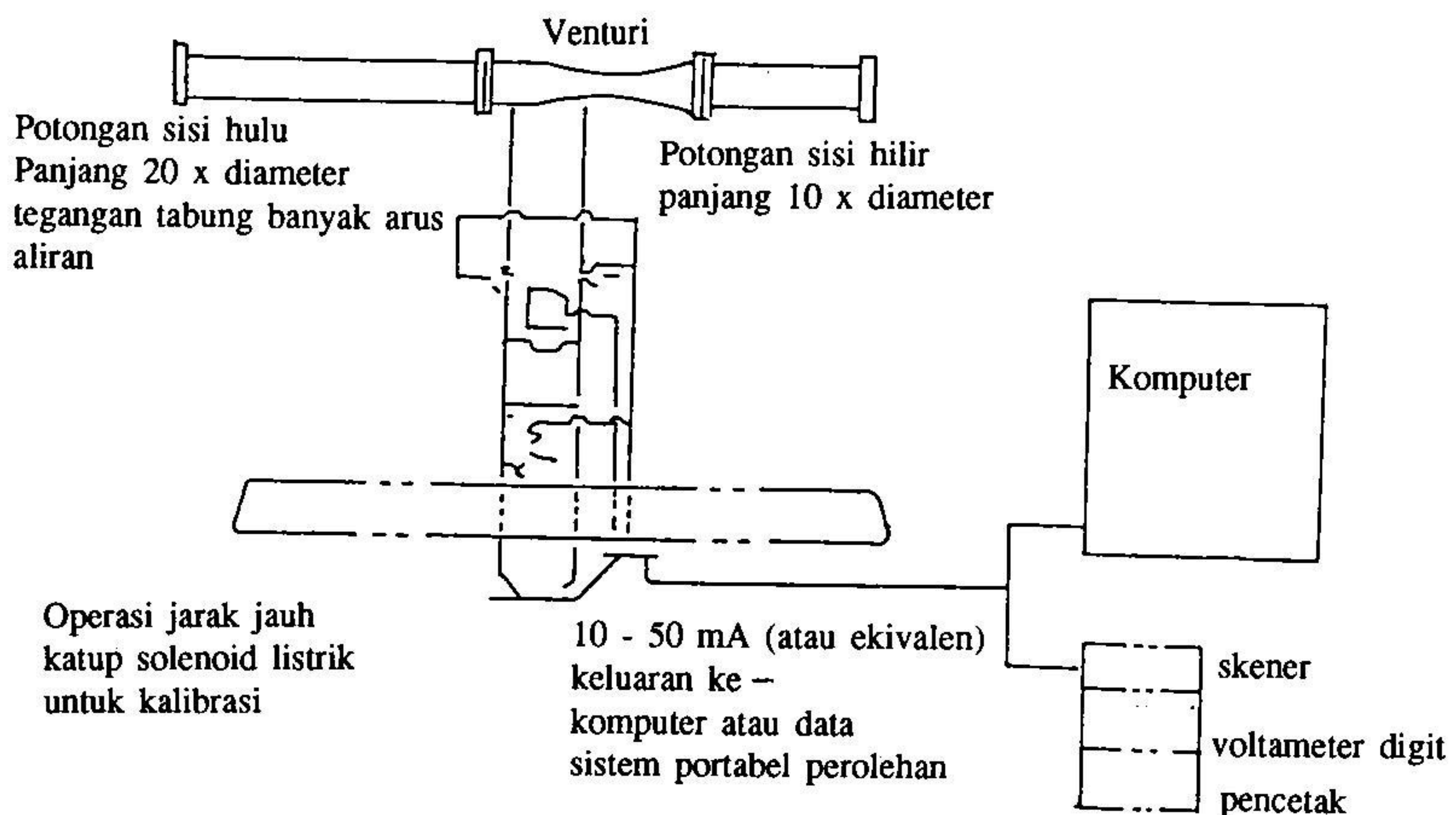
- (a) Pipa sambungan yang digunakan antara tap tekanan dan manometer tidak boleh kurang dari 6 mm diameter dalamnya, dan dibuat dari bahan yang demikian untuk menghindarkan peredaman hambatan dan pipa. Pipa

tersebut dipasang mendatar sepanjang satu meter dari alat ukur aliran dan kemudian lurus miring ke bawah tanpa gelung sampai manometer. Pipa sambungan harus dibuktikan kekedapannya dengan pengujian tekanan.

- (b) Panjang pipa antara alat ukur aliran dan manometer tidak boleh melebihi 7,5 meter dan tidak diisolasi.
- (c) Ketika mengoperasikan pipa sambungan manometer harus hati-hati agar beda suhu cairan dalam dua saluran yang menghubungkan elemen primer dengan tiga manometer tidak melebihi 2°C. Disarankan agar pipa diikat dan dipasang sedemikian rupa untuk memperkecil perpindahan kalor dari sumber luar ke pipa-pipa ini.
- (d) Pipa sambungan manometer harus dikuras bersih sebelum manometer disambung. Sambungan manometer ini harus mencakup katup, sambungan T, pencerat seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5, yang sesuai untuk menutup atau membuka pipa sambungan manometer setiap saat selama pengujian. Waktu yang cukup harus tersedia bagi kaki air dalam pipa sambungan untuk mencapai keseimbangan suhu.
- (e) Katup yang beroperasi dengan solenoid-dengan-perpindahan-nol (*zero-displacement solenoid-operate valve*) dapat dipasang seperti yang ditunjukkan gambar 5, pada tiap pipa dekat kepada elemen primer, untuk meniadakan gerakan kolom air raksa selama pembacaan. Katup ini harus ditutup untuk pembacaan dan selang waktu tertentu tanpa mengindahkan kedudukan kolom airraksa. Sarana lain untuk mendapatkan kesalahan dalam pembacaan. Dengan transduser, katup solenoid tidak boleh dipakai.
- (f) Manometer harus ditempatkan pada ketinggian yang lebih rendah dari elemen aliran primer. Akan tetapi jika hal ini tidak mungkin, tindakan pencegahan khusus harus diambil untuk menjamin pembuangan udara dari sistem. Pot air yang cocok harus dipasang dan di atas manometer disertai katup untuk pembuangan udara. Juga isolasi panas harus dipasang antara elemen primer dan manometer.
- (g) Manometer diferensial sebelum dan sesudah tiap pengujian harus menunjukkan pembacaan nol, kurang dari sekitar 0,1% dari pengamatan selama pengujian. Pada setiap waktu selama pengujian, pembacaan rata-rata dari dua manometer harus cocok satu dengan yang lain dalam batas 0,2% setelah koreksi untuk setiap beda kalibrasi antara dua tap.
- (h) Manometer harus berdiameter kolom tipe presisi 10 mm atau lebih, dan harus dibaca dengan bantuan alat baca paralaks atau sarana lain yang cocok, sampai ketelitian 0,25 mm. Air raksa yang digunakan harus dari kelas instrumen yang mempunyai kurang dari ppm residu yang tidak menguap. Manometer harus bersih sekali sebelum air raksa dimasukkan.
- (i) Jika transduser-tekanan digunakan, tindakan pencegahan dari (a) sampai (g) dapat diterapkan sebagaimana pada manometer. Sebagai tambahan, transduser tersebut harus dikalibrasi sebelum dan sesudah pengujian. Setiap kalibrasi harus dilakukan dengan menaikkan atau menurunkan tahanan. Penuaan transduser harus dicatat dengan seksama. Pengujian harus dihitung dengan nilai tengah kalibrasi (*mean calibrated value*).



Gambar 5 : Sambungan antara seksi aliran dan manometer



Gambar 6 : Perencanaan tata-letak pengujian untuk pemanas.
Pengukuran aliran kurasan

Transduser yang dipilih untuk pengukuran tekanan diferensial pada pengukuran aliran primer harus mempunyai kesalahan tidak lebih dari 0,005% skala penuh ditambah 0,010% pembacaan. Sebuah transduser tabung Bourdon Quartz dapat memenuhi persyaratan ini.

4.3.5 Fluktuasi aliran air

Pengukuran aliran jangan dilakukan kecuali bila aliran telah mantap atau hanya bervariasi sedikit menurut waktu. Amplitudo rata-rata maksimum yang diperbolehkan dari defleksi manometer adalah 1% dari pembacaan beban penuh dengan frekuensi yang lebih tinggi dari setengah frekuensi pembacaan dan 50% untuk frekuensi yang lebih rendah. Variasi dalam aliran harus ditekankan sebelum pengujian dimulai, dengan penyetelan aliran yang sangat hati-hati dan dengan pengendalian permukaan atau dengan menggunakan suatu kapasitas seperti pelangkauan air sekitar pompa, dan hambatan seperti penyempitan buangan pompa, dalam saluran antara sumber pulsasi dan alat ukur aliran. Alat peredam pada manometer tidak meniadakan kesalahan yang disebabkan oleh pulsasi, karena itu jangan digunakan. Jika pulsasi melebihi nilai tersebut di atas sesudah semua usaha telah dilakukan untuk menekannya, maka persetujuan bersama diperlukan sebelum pengujian dapat dimulai.

4.3.6 Pengukuran aliran sekunder

Sebagai tambahan kepada pengukuran aliran primer yang tercakup dalam 4.3.1 dan 4.3.2 diperlukan banyak pengukuran aliran sekunder. Karena beda dalam tata letak instalasi dan posisi pilihan alat ukur aliran, maka tidak mungkin untuk menentukan ketelitian yang diperlukan dalam setiap pengukuran terpisah. Pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian harus memutuskan pengukuran aliran sekunder yang mana yang harus dilakukan untuk tipe instalasi turbin yang berkaitan, dan kemudian mengatur setiap alat ukur agar mempunyai ketelitian sedemikian, sehingga pengaruh gabungan semua kesalahan lebih dari 0,1% uji taraf kalor. Oleh karena itu jika digunakan alat ukur yang telah dibakukan, maka kalibrasi mungkin tidak diperlukan.

Jika pengukuran aliran sekunder untuk uap, maka berlaku hal yang berikut:

- (a) Uap yang melewati alat ukur aliran harus tetap dalam keadaan panas-lanjut. Pengukuran jangan dilakukan, jika besar pemanasan-lanjut kurang dari 15°C pada irisan melintang yang paling kecil dari nosel atau corot.
- (b) Untuk pengukuran aliran uap, pot air harus dipasang pada bagian yang sama seperti tap tekanan elemen primer dan jarak yang cukup untuk menjamin kondensasi yang baik. Permukaan air harus pada ketinggian yang sama, bila tidak perbedaan harus ditentukan. Pipa sambungan ke pot air harus mempunyai diameter cukup besar untuk menghindari penyumbatan air.
- (c) Pipa sambungan ke manometer harus dipasang dengan kemiringan ke bawah yang rata. Sesudah pembuangan udara harus diberi waktu yang cukup, sehingga kaki air terbentuk dan mendingin. Perhatian khusus harus diberikan kepada pembentukan kaki air yang sempurna dan pada tekanan dibawah atmosfir.

4.3.6.1 Aliran uap ekstraksi ke pemanas air isian

Asalkan uap ekstraksi tersebut dipanaslanjutan, aliran ekstraksi dapat ditentukan dengan penghitungan neraca kalor. Ketelitian hasilnya berkurang, jika kenaikan suhu uap melintas pemanas turun.

Pada siklus uap basah aliran ekstraksi dapat ditentukan dari pengukuran aliran kurasan pemanas. Pada setiap pengukuran kesalahan tidak boleh melebihi 0,5% dari aliran ekstraksi.

Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan suatu alat ukur aliran yang dikalibrasi. Aliran kurasan pemanas dapat diukur dengan menggunakan suatu alat tekanan diferensial, kecuali untuk pemanas bertekanan terendah, di mana penurunan tekanan sangat kecil. Dalam hal ini, venturi atau elemen primer berkerugian tekanan rendah lainnya dengan ketelitian yang disyaratkan harus digunakan. Tekanan diferensial melewati nosel, pelat dan corot atau venturi, sebaiknya diukur dengan transduser. Pipa sambungan antara transduser dan alat tekanan diferensial harus sependek mungkin untuk mengurangi kesalahan peredaman yang disebabkan oleh aliran tidak mantap, dan tindakan harus diambil untuk meniadakan gelembung udara dalam pipa ini. Jadi, mungkin

transduser itu akan dipasang dalam kawasan berradioaktivitas tinggi yang memerlukan jalur tekanan di pasang dari transduser ke kawasan tak tercemar dengan katup kendali jarak jauh yang sesuai untuk memungkinkan transduser dikalibrasi di tempat selama periode uji, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6. Referensi kalibrasi harus menjadi standar sekunder dengan kesalahan tidak melebihi 0,25%. Aliran kurasan pemanas seringkali sangat tidak mantap dan untuk mengurangi kesalahan yang disebabkan aliran yang tidak mantap itu, maka keluaran transduser harus diambil contohnya setiap 20 detik. Nilai-nilai yang dipakai untuk penentuan aliran setiap sistem harus didasarkan pada rata-rata dari akar pangkat dua berbagai pembacaan itu. Ketidakpastian sistem nosel atau venturi/transduser/pembacaan ini adalah 0,25% pada beban penuh dan 0,5% pada beban setengah. Untuk mencapai dan menjaga ketelitian yang diinginkan, transduser harus dipasang mantap dalam kemasan dengan suhu terkendali dan kalibrasi di tempat selama pengujian.

Dalam menetapkan ukuran venturi ini harus dilakukan pendekatan yang terbaik antara bilangan Reynold, rugi tekanan, rasio diameter dan refleksi harus diatur tanpa melebihi koefisien kavitasitas kritis (K) yang harus lebih besar dari 0,2 untuk menghindari kavitasitas, di mana K adalah:

$$K = \frac{P_{throat} - P_{sat}}{\left(\frac{?}{Z}\right) \cdot w_{throat}^2} \quad (7)$$

Masalah kavitasitas akan dikurangi dengan pemberian suatu gelung atau perapat, atau memperpanjang perapat gelung untuk menambah tinggi tekanan dari meter, sehingga koefisien kavitasitas kritis akan lebih besar dari 0,2.

Aliran uap basah ekstraksi dapat ditentukan oleh suatu perhitungan neraca kalor, jika entalpi uap ekstraksi telah ditentukan dengan metode pelacak (lihat 4.7.2).

4.3.6.2 Kurasan pemanas tekanan tinggi

Jika meter aliran utama terdapat pada saluran keluar pengawas udara, aliran harus diukur oleh suatu alat dengan kemampuan ketelitian dalam batas $\pm 1\%$, kecuali jika pemanas tekanan tinggi telah dicek untuk kebocoran. Meter aliran harus ditempatkan pada kedudukan sedemikian, sehingga tekanan minimum sesuai dengan 4.3.6.1.

4.3.6.3 Separator embun dan kurasan pemanas ulang

Pada peralatan ini mungkin tidak dapat dipasang atau alat ukur aliran, karena tinggi tekanan yang ada kurang dari yang diperlukan untuk menghindarkan kavitasi, juga untuk alasan desain dan operasi instalasi. Dalam keadaan ini, teknik pelacak dapat digunakan untuk mengukur aliran dengan suatu ketelitian yang tidak akan mempengaruhi perbandingan taraf kalor dengan garansi lebih dari 0,1%.

4.3.6.4 Suplai uap turbin pompa pengisi ketel

Pemakaian uap untuk turbin pompa pengisi ketel sebaiknya diukur sebagai kondensat jika dipasang suatu kondensor yang terpisah.

Pada siklus pemanas dengan pompa pengisi ketel yang diputar oleh turbin dengan suplai uap dari turbin utama di suatu titik sisi hulu pemanas ulang, suplai uap harus diukur untuk memungkinkan aliran yang melewati pemanas ulang dihitung.

Corot ukur dan nosel ukur harus dapat dilepas untuk pemeriksaan dan atau kalibrasi ulang.

Dua buah manometer atau dua buah transduser yang mandiri harus digunakan untuk pengukuran tekanan diferensial, kecuali jika pemeriksaan pra uji telah menunjukkan kecocokan yang sangat baik antara kedua pembacaan.

4.3.6.5 Kebocoran gland turbin

Jika bocoran uap dari gland tekanan tinggi turbin kondensasi pemanasan ulang tidak melewati pemanas ulang, tetapi dikembalikan ke dalam sistem di suatu titik di luar pemanas ulang, maka aliran uap tersebut harus diukur secara terpisah, jika mungkin, dengan nosel atau pelat corot yang dikalibrasi atau yang baku, karena aliran tersebut harus diperhitungkan dalam menaksir kalor yang disuplai oleh pemanas ulang.

Jika suatu gland, baik sebagai perapat tekanan dalam atau luar, dilengkapi dengan saluran bocoran atau atmosfer atau ke suatu titik yang berada di luar sistem turbin, maka aliran ini harus diukur kecuali jika disetujui untuk diabaikan. Lebih disukai, aliran itu disalurkan ke kondensor terpisah dan diukur sebagai kondensat.

4.3.6.6 Aliran air semprot penurun panas lanjut

Jika air semprot dari sistem pemanas isian dipakai untuk mengatur suhu uap panas ulang, maka laju aliran tersebut harus diukur. Juga jika suhu uap awal diatur serupa, maka laju aliran air semprot ke pemanas lanjut harus diukur, kecuali dalam hal air diambil dari suatu tempat setelah pemanas isian akhir.

4.3.6.7 Aliran air perapat gland pompa pengisi ketel dan aliran air pengimbang
 Suplai air ke gland pompa pengisi untuk keperluan perapat atau pendingin, dan bocoran air yang kembali ke berbagai bagian sistem dapat berjumlah sangat besar dan air ini dapat langsung ditambahkan/dikurangkan ke/dari pengukuran aliran utama. Banyaknya aliran air pompa pengisi ketel yang harus diukur alat tergantung kepada letak alat meter utama. Alat ukur yang dikalibrasi atau yang dibakukan adalah disyaratkan dan harus dipastikan, bahwa alat-alat tersebut dalam kondisi yang baik pada waktu pengujian.

4.3.6.8 Perubahan isi air simpanan

Perubahan isi air simpanan pada siklus uji harus diperhitungkan dalam menaksir aliran kondensat/air isian yang melalui sistem. Perubahan isi air simpanan tersebut termasuk yang akan dalam hotwel (*hotwell*) kondensor, tangki pengawas udara, badan pemanas isian dan setiap tangki air simpanan atau tangki air kurasan yang tidak dapat diisolasi dari sistem.

Perubahan tinggi permukaan dalam semua bejana penyimpan harus diukur oleh skala sementara yang dipasang kuat dekat kaca pengukur permukaan yang dipasang tetap, atau sebagai pilihan lain, dengan transduser yang digunakan dalam hubungan dengan alat catat data uji.

Jika suhu air dalam bejana jauh berbeda dari suhu ambien dan dipakai suatu gelas duga luar (*external gauge glass*), misalnya pada suatu tangki pengawas udara, kerapatan air dalam gelas duga harus digunakan dalam konversi perubahan tinggi muka air ke perubahan massa air dalam bejana.

Gelas duga yang disambungkan pada bejana yang berisi air panas harus tidak dikuras selama kira-kira setengah jam sebelum melakukan pembacaan untuk menghindari penunjukkan tinggi permukaan yang salah, karena perubahan suhu pada kolom air.

Karena waktu merupakan faktor kritis dalam pengukuran perubahan tinggi muka air, pembacaan pengujian harus disinkronkan secara ketat dengan sinyal untuk memulai dan mengakhiri suatu pengujian.

4.3.6.9 Penentuan bocoran

Pada penentuan bocoran perlu digunakan nilai perhitungan untuk bocoran pompa bagian dalam, bocoran paking poros (*shaft packing*), bocoran batang katup, dan bocoran turbin bagian dalam jika tidak mengatur aliran tersebut.

4.3.7 Aliran sekunder sesaat

Selanjutnya, aliran sekunder yang sering tidak terdapat dalam instalasi atau yang tidak perlu diukur dalam siklus adalah:

4.3.7.1 Uap eyektor

Aliran uap eyektor (*ejector*) dapat dihitung dari pengukuran tekanan dan suhu suplai uap dan luas penampang melintang jet yang diketahui. Jika suplai adalah uap basah, maka sebaiknya menggunakan laju aliran desain yang diberikan oleh pabrikan.

Jumlah uap yang terbawa keluar dari kondensor oleh sarana pengeluar udara umumnya dapat diabaikan. Jika dikehendaki untuk mengukurnya, maka metoda pengukuran aliran uap ini harus disepakati oleh pihak yang bersangkutan dengan pengujian.

4.3.7.2 Aliran tambahan

Aliran tambahan (*make-up flow*) pada sistem kondensat, jika ada, harus ditentukan dengan sarana sebuah nosel, tabung corot, atau tabung venturi, dengan sarana sebuah meter air yang dikalibrasi atau tangki ukur volume.

4.3.7.3 Perapat air

Air perapat digunakan dalam hubungan dengan gland hidrolik atau katup buang ke atmosfer, gland pompa kondensat, dll. Karena air peralat harus dipertahankan, maka aliran air yang digunakan harus diukur dan diperhitungkan.

Sebagai pilihan yang lain, perapat yang bocorannya mengalir kembali ke sistem kondensat, termalnya mengalir kembali ke sistem kondensat, termasuk yang untuk pompa udara basah, dapat dirapati dengan kondensat yang belum mencapai titik yang alirannya ditentukan. Setiap aliran yang lebih harus dikembalikan pada titik yang sama. Dengan metode ini pengukuran bocoran tidak perlu dilakukan. Harus dipastikan tidak ada variasi penyimpanan dalam sistem perapat dan tidak ada kemungkinan kebocoran air perapat selain ke dalam sistem kondensat. Jika kebocoran luar air kondensat dari perapat tidak dapat dihindari, alirannya harus ditentukan dan ditambahkan ke dalam aliran kondensat.

4.3.7.4 Uap buang alat bantu

Setiap uap buang (*exhaust steam*) alat bantu yang biasanya masuk pada kondensor harus dialihkan ke tempat lain atau diukur, selama periode uji. Dalam menetapkan posisi terbaik untuk memasang alat ukur, perhatian khusus harus diberikan pada rugi tinggi tekanan neto (*net head loss*) dan kemungkinan adanya penguapan cepat (*flashing*) di dalam lekum.

4.3.8 Kerapatan air dan uap

Kerapatan air yang diperlukan untuk perhitungan laju aliran massa dihitung dari suhu yang diukur secara teliti dan tekanan yang sesuai. Suhu harus diukur dengan sebuah instrumen yang dikalibrasi presisi. Jika instrumen ekstra digunakan, maka instrumen tersebut harus ditempatkan pada jarak sekurang-kurangnya sepuluh kali diameter di sisi hilir elemen primer. Juga diperbolehkan memakai harga pemanas sisi hilir, asalkan tidak ada aliran ekstra yang masuk di antaranya.

Kerapatan uap yang diperlukan untuk perhitungan laju aliran massa dihitung dari pengukuran tekanan hasil sebuah alat ukur presisi dan suhu sebuah instrumen presisi atau termometer tahanan. Bidang referensi untuk penentuan kerapatan harus diambil menurut tatacara kalibrasi atau standar alat ukur aliran.

4.3.9 Penentuan aliran air pendingin

Banyaknya air pendingin kondensor dapat ditentukan dengan salah satu dari metode berikut:

- (a) Metode Weir-notch.
- (b) Tabung venturi, atau semacamnya pada saluran pipa masuk.
- (c) Pipa pitot, asalkan disetujui bahwa tinggi tekan diferensial cukup memberikan ketelitian yang diperlukan.
- (d) Nosel atau corot yang dikalibrasi atau yang dibakukan, dalam saluran pipa.

- (e) Neraca kalor
- (f) Meter arus.
- (g) Metode pengenceran dengan menggunakan pelacak bahan kimia atau radioaktif.
- (h) Teknik ultrasonik.

4.4 Pengukuran Tekanan

(Tidak termasuk tekanan sisi buang turbin kondensasi)

4.4.1 Tekanan yang diukur

Tekanan awal dari suplai uap harus diukur pada saluran uap dari pembangkit uap, dan sedekat mungkin ke katup henti turbin, dan sisi hulu saringan jika telah dilengkapi oleh pabrikan sesuai dengan kontrak turbin. Tekanan uap awal harus diukur pada pipa di sisi hilir dari bagian-bagian semacam ini, jika berdasarkan kontak turbin belum dilengkapi, kecuali ditentukan lain dalam kontrak atau spesifikasi turbin.

Saringan uap harus selalu bersin. Jika salah satu pihak yang bersangkutan dengan pengujian meragukan kebersihannya, maka harus dilakukan penyelidikan sebelum pengujian, dan jika perlu dibersihkan.

Tekanan juga harus diukur pada sisi masuk silinder turbin utama tekanan tinggi, tekanan menengah dan tekanan rendah, pada sisi masuk dan sisi keluar turbin pompa pengisi (jika terpadu dengan sistem pemanasan isian), dan pada kedua ujung saluran uap ekstraksi; juga pada sisi hisap dan sisi buang semua pompa dalam sistem kondensat dan air isian.

Sedapat mungkin penempatan tekanan harus ditentukan tempatnya pada bagian lurus pipa, jauh dari setiap gangguan aliran.

Tekanan yang diukur selama pengujian turbin uap haruslah tekanan statik.

4.4.2 Instrumen

Instrumen yang harus digunakan adalah alat ukur tipe Deadweight, alat ukur tipe Bourdon, manometer air raksa, atau transduser yang ketelitiannya sesuai.

4.4.2.1 Pengukuran tekanan di atas 2,5 bar

Alat ukur tipe Bourdon atau yang lebih disukai alat ukur tipe Deadweight harus digunakan untuk pengukuran tekanan di atas 2,5 bar. Alat ukur ini harus dipasang pada lokasi yang bebas dari getaran, kotoran dan variasi suhu ambien yang berlebihan.

Pulsasi tekanan yang ditunjukkan oleh suatu alat ukur tipe Bourdon harus tidak diredam oleh penyempitan pada katup alat ukur atau oleh pemakaian peredam alat ukur komersial. Suatu kotak peredam (*volume chamber*) dapat dipakai.

4.4.2.2 Pengukuran tekanan di bawah 22,5 bar, tetapi di atas tekanan atmosfer

Untuk mengukur tekanan di bawah 2,5 bar, tetapi di atas tekanan atmosfer, dapat dipakai alat ukur tipe Deadweight, alat ukur tipe Bourdon atau lebih disukai manometer air raksa.

Jika manometer air raksa digunakan untuk tekanan di bawah 2,5 bar, tetapi di atas tekanan atmosfer, maka tindakan pencegahan yang harus diambil sama dengan yang disebutkan dalam 4.4.2.3.

4.4.2.3 Pengukuran tekanan di bawah tekanan atmosfer

Manometer air raksa (lihat 4.1.5) harus digunakan untuk pengukuran tekanan di bawah tekanan atmosfer.

Tabung manometer air raksa harus dari gelas bermutu tinggi, lebih baik berdiameter dalam tidak kurang dari 10 mm, pada tempat pembacaan dilakukan. Jika beda tekanan kecil perlu diukur dengan ketelitian yang tinggi, minyak silikon akan lebih menguntungkan dipakai sebagai cairan manometer pengganti air raksa.

4.4.2.4 Cairan manometer

Cairan yang digunakan harus cocok untuk pemakaiannya dan kerapatan harus sudah diketahui.

Air raksa yang dipakai dalam manometer harus murni dan bebas dari segala jenis zarah asing. Air raksa murni pada 0°C mempunyai kerapatan 13660 kg/m³.

Untuk pembacaan tekanan rendah yang penting, yang ketelitiannya akan mempengaruhi hasil pengujian, dan jika timbul keraguan akan kemurnian air raksa dalam manometer, maka air raksa sulingan murni harus dipakai sebagai penggantinya. Pemurnian air raksa melibatkan kesulitan teknik dan tidak boleh dikerjakan oleh orang yang tidak berpengalaman dalam bidang ini.

4.4.2.5 Transduser

Pengukuran tekanan yang teliti mungkin dilakukan dengan transduser, asalkan penggunaan dan penanganannya dipahami benar dan alat tersebut dirawat serta dipasang dengan tepat. Perlu disadari, bahwa transduser umumnya merupakan instrumen yang lebih peka dari pada alat ukur tipe Deadweight atau manometer, dan harus diperlakukan secara hati-hati.

Transduser harus ditempatkan pada kedudukan yang bebas getaran, kotoran dan di mana diperkirakan tidak terdapat perubahan suhu ambien yang besar yang dapat disebabkan oleh kondisi udara luar.

Jika transduser ini peka terhadap perubahan lingkungan seperti suhu, maka sistem harus diberi waktu yang cukup (dua jam untuk transduser tipe Bourdonquartz) untuk menjadi mantap sebelum dilakukan pembacaan. Pembacaan nol harus dilakukan sebelum dan sesudah setiap pengujian.

4.4.3 Lubang tap tekanan dan saluran hubung

Lubang untuk mengukur tekanan harus digurdi tegak lurus terhadap permukaan dalam pipa. Tepi lubang bagian dalam harus bebas goresan, bertepi tajam dan persegi. Lubang itu harus lurus dan beraturan untuk panjang paling sedikit 2 kali diameternya. Pipa hubung dari lubang ini ke instrumen ukur harus bebas dari kerak, karat, atau hambatan lain.

4.4.3.1 Untuk tekanan di atas 2,5 bar

Lubang tekanan yang tersebut dalam 4.4.3 harus berdiameter antara 6 mm dan 12 mm. Saluran hubung harus berdiameter tidak kurang dari 6 mm dan pipa logam tidak diisolasi untuk meningkatkan kecepatan kondensasi. Saluran harus dibebaskan dari udara dengan membuka keran coba sebelum alat ukur dipasang. Jika hal ini mudah dilaksanakan, keran coba yang terpisah dapat dipasang sedekat mungkin dengan alat ukur. Setelah udara dibuang, saluran hubung harus dibiarkan mendingin, sehingga air mengumpul sebelum bukaan keran coba ke alat ukur.

Alat ukur tekanan, yang penunjukannya mempengaruhi hasil uji, harus ditempatkan sedemikian rupa, sehingga koreksi tinggi tekan air menjadi nol atau dapat diabaikan. Jika hal ini tidak mudah dilaksanakan, maka alat ukur dapat dipasang di atas atau lebih disukai di bawah titik uap. Dalam hal apapun, saluran hubung harus sependek mungkin dan tindakan harus dilakukan untuk menjamin saluran tersebut berisi air sepenuhnya.

Jika alat ukur dipasang di atas pipa uap, harus dilengkapi dengan tabung sifon atau tabung lingkaran untuk membentuk kantong air dan dengan demikian melindungi alat ukur dari uap panas pada waktu membuka keran coba.

4.4.3.2 Untuk tekanan di bawah 2,5 bar, tetapi di atas tekanan atmosfer

Jika alat ukur tipe deadweight atau alat ukur tipe Bourdon digunakan, alat ukur ini harus dipasang di bawah titik tap; suatu bejana kondensasi yang tidak berisolasi dipasangkan dekat pipa uap dan yang mempunyai limpahan ke pipa uap untuk menjamin tinggi permukaan yang tetap, koreksi tinggi tekan air seperti dalam 4.4.7.1. Tindakan pencegahan menurut 4.4.2 dan 4.4.3.1 harus dilaksanakan.

Jika dipakai manometer air raksa (lihat 4.1.5.), maka bejana kondensasi tidak berisolasi harus dipasang di atas titik tap yang dihubungkan oleh tabung yang diisolasi dengan diameter dalam minimum 12 mm; tabung ini harus condong ke bawah, tanpa gelung atau kantor untuk memungkinkan kondensasi mengalir kembali. Bejana kondensasi disambungkan ke manometer air raksa di bawahnya oleh suatu pipa yang tidak berisolasi yang diameter dalamnya minimum 6 mm.

Koreksi tinggi tekan air (untuk dikurangkan) sama seperti dalam 4.4.7.

4.4.3.3 Untuk tekanan di bawah tekanan atmosfer

Manometer airraksa harus dipasang di atas titik tap dan tindakan harus dilakukan untuk menjamin bahwa saluran hubung sepenuhnya bebas air.

Lubang tekanan yang tersebut dalam 4.4.3 di atas harus berdiameter 12 mm. Saluran hubung harus berdiameter dalam tidak kurang dari 6 mm. Tabung karet berdinding tebal cocok, karena memperkecil kondensasi. Saluran harus mempunyai kemiringan tetap dari manometer ke titik tap untuk menjamin pengurasan bebas. Sambungan T harus dipasang pada saluran hubung di ujung manometer untuk memungkinkan udara pembilas dihisap ke dalam saluran dan membebaskannya dari embun yang mungkin terkumpul pada dinding dalam pipa hubung. Katup masuk udara pembilas harus benar-benar rapat jika ditutup. Pembilasan yang sering hanya perlu jika kemiringan saluran hubung tidak terlalu besar. Jika ada bahaya akibat manometer air raksa pecah dan air raksa terhisap ke dalam pipa uap, maka pot penangkap harus dipasang pada ujung saluran hubung manometer. Tidak diperlukan karena coba pada ujung saluran hubung manometer, tetapi karena coba harus ada pada titik tap pipa.

4.4.4 Katup uap

Katup tutup yang cocok harus dipasang pada setiap titik tap tekanan, dan untuk tekanan yang lebih tinggi harus ada katup kedua pada ujung saluran hubung alat ukur.

4.4.5 Kalibrasi alat ukur tekanan

Alat ukur tipe Bourdon dan transduser harus dikalibrasi sebelum dan sesudah pengujian pada kira-kira suhu uji dengan penara tipe Deadweight yang teliti.

Ketelitian alat ukur tipe Deadweight sebelum digunakan harus telah ditera dengan penara tipe Deadweight yang teliti. Ketelitian yang diperlukan transduser harus ditentukan dengan memperhitungkan pengaruh kesalahan dalam pengukuran terhadap taraf kalor. Tanpa memperhatikan pemakaiannya transduser harus dikalibrasi sebelum dan sesudah setiap pengujian.

4.4.6 Tekanan atmosfer

Tekanan atmosfer yang berhubungan dengan manometer air raksa atau manometer kolom harus ditentukan, jika mungkin, dengan sarana barometer air raksa. Barometer ini harus ditempatkan pada ketinggian yang sama dengan ketinggian manometer dalam kamar yang sama. Jika instrumen ini tidak tersedia, tekanan atmosfer harus ditentukan menurut satu atau dua metoda berikut:

- (a) Pembacaan diambil dari Biro Cuaca lokal yang sah pada waktu pengujian, dikoreksi terhadap beda ketinggian antara Biro Cuaca dan turbin.
- (b) Barometer Aneroid atau tipe lain, asalkan ketelitian dan kecocokannya dijamin oleh yang berwenang.

Barometer harus dari tipe air raksa atau tipe lain yang ketelitiannya setara dijamin oleh Badan Nasional yang berwenang. Lubang tabung gelas barometer harus berdiameter tidak kurang dari 6 mm.

Jika timbul kesangsian yang cukup beralasan dari salah satu pihak yang bersangkutan dengan pengujian atas ketelitian barometer yang akan digunakan, barometer dapat dibandingkan dengan barometer Biro Cuaca lokal yang sah, atau Biro lain yang setaraf, jika hal ini memuaskan kedua pihak yang bersangkutan dengan pengujian. Jika hal itu tidak dapat dilaksanakan, barometer harus ditera oleh Laboratorium yang cukup terkenal, jika cara ini dapat disetujui.

4.4.7 Koreksi pembacaan

Pembacaan dari seluruh periode pengujian harus diambil rata-ratanya dan kemudian dikoreksi sebagai berikut:

Semua alat ukur tekanan dengan tinggi tekan air dalam saluran hubung harus dikoreksi dengan menambahkan tekanan ekuivalen dengan tinggi tekan air, jika alat ukur berada di atas tap dan mengurangkannya jika alat ukur berada di bawah tap.

Koreksi kalibrasi harus dilakukan untuk alat ukur tekanan yang telah dikalibrasi. Tekanan absolut yang diukur dengan sarana manometer cairan dan barometer air raksa harus dihitung sesuai dengan ISO 31/III dengan memperhitungkan:

- (a) rata-rata pembacaan,
- (b) koreksi panjang skala pada perhitungan suhu,
- (c) koreksi kapilaritas untuk manometer kaki tunggal, kecuali jika mempunyai tabung yang berdiameter tidak kurang dari 12,5 mm,
- (d) kerapatan cairan (dengan memperhitungkan cairan dalam kaki yang lain,
- (e) gravitasi setempat,
- (f) khusus untuk manometer cairan, tekanan ambien sebaiknya dikoreksi.
- (g) beda ketinggian dan gravitasi antara titik tap dan instrumen, dengan kerapatan cairan.

4.4.7.1 Koreksi tinggi tekan air

Untuk memperoleh tekanan yang benar pada titik tap, tekanan ekuivalen tinggi tekan air antara tap pipa uap dan titik pusat alat ukur harus ditambahkan pada (bila alat ukur berada di atas tap) atau dikurangkan (bila alat ukur berada di bawah tap) dari pembacaan alat ukur :

$$\Delta P = H \cdot \rho \cdot g \quad (9)$$

4.4.7.2 Koreksi manometer dan kolom air raksa

Manometer dan kolom air raksa, yang ketelitiannya mempengaruhi hasil uji harus dikoreksi :

- (a) suhu, untuk mengurangi pembacaan ke nilai yang akan diperoleh dengan air raksa pada 0°C.
- (b) skala, jika perlu, untuk menyesuaikan dengan panjang standar
- (c) kapasitas, jika perlu. Koreksi harus ditambahkan pada tinggi kolom seperti yang diukur pada puncak meniskus.
- (d) gravitasi, untuk mengurangi pembacaan ke nilai yang akan diperoleh jika gravitasi pada lokasi instrumen mempunyai nilai standar Internasional sebesar 9,807 m/dt².
- (e) ketinggian, jika ada beda antara barometer dan manometer atau kolom air raksa. Yang terdahulu harus dikoreksi untuk beda ini, setelah dikoreksi untuk kesalahan instrumen, jika ada.

4.4.7.3 Koreksi barometer

Pertama, barometer harus dikoreksi ke air raksa pada 0°C, dengan kelonggaran yang memadai untuk suhu referensi skala. Suhu referensi skala dalam perhitungan metrik biasanya 0°C.

Kedua, barometer mungkin perlu dikoreksi untuk penurunan kapilaritas air raksa. Skala barometer air raksa bisa disetel sedemikian rupa sehingga tepat untuk ini, dalam hal yang demikian tidak ada koreksi kapilaritas yang perlu dilakukan. Jika barometer tidak dilengkapi dengan penyetelan tersebut, maka koreksi harus dilakukan.

Ketiga, barometer harus dikoreksi untuk beda ketinggian, jika ada, antara sebuah barometer dan setiap alat baca tekanan air raksa yang ditunjuk untuk digunakan. Keempat, koreksi harus dilakukan untuk gravitasi di tempat pengujian. Nilai berbagai faktor koreksi dapat diperoleh dari beberapa tabel standar yang sah, seperti tabel Organisasi Meteorologi Dunia, tabel Biro Cuaca Nasional, tabel Smithsonian, dan lain sebagainya.

4.5. Pengukuran Tekanan Buang Turbin Kondensasi**4.5.1 Umum**

Instrumentasi uji harus memberikan tengah tekanan buang statik pada sisi masuk kondensor dari setiap selongsong tekanan rendah (LP). Biasanya harus terdiri dari pasangan lubang sensor tekanan yang terpisah, sebaiknya dihubungkan sendiri-sendiri atau berderet dengan menggunakan alat sekalar yang sesuai.

Peraturan berikut berlaku untuk semua pengaturan kondensor patut disadari, bahwa akan lebih mudah menepati hal yang berhubungan dengan kondensor gantung bawah dari pada dalam hal kondensor pasangan samping, terutama tipe

terpadu. Seandainya ternyata jelas tidak mungkin memenuhi peraturan berikut dibawah, maka pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian bersama-sama harus sepakat tentang beberapa sarana pilihan lain untuk melakukan pengukuran dengan sebanyak mungkin tuntutan konsep berikut ini.

4.5.2 Bidang pengukuran

Kecuali ditentukan lain dalam dokumen kontrak, sisi masuk kondensor harus dianggap sebagai bidang pengukuran untuk keperluan turbin dan generator. Kondensor modern terdiri dari empat tipe umum, yaitu gantung bawah melintang, gantungbawah membujur, pasangan samping terpisah dan pasangan samping terpadu.

Untuk tipe pertama, sisi masuk kondensor umumnya sesuai dengan flens keluar turbin.

Untuk ketiga tipe kondensor yang lain, lebih sulit mencirikan sisi masuknya. Dalam hal seperti ini sisi masuk kondensor harus ditempatkan pada satu bidang atau lebih sedekat mungkin ke sarang tabung kondensor.

5.3 Tap tekanan

Jika distribusi tekanan tidak diketahui, tekanan buang statik harus diukur pada, atau pada salah satu sisi dari, dan bersebelahan dengan, flens sisi buang dengan melakukan tidak kurang dari satu pengukuran untuk tiap 1,5 m² kawasan saluran buang. Untuk membatasi jumlah pengukuran, dapat digunakan lokasi khusus yang ketelitiannya dapat ditunjukkan, tetapi tidak sekali-kali kurang dari dua per-annulus buang. Tekanan yang diperhitungkan adalah rata-rata dari semuanya. Suatu ketidakcocokan yang melebihi tiga milibar antara pembacaan-pembacaan serempak sudah cukup beralasan untuk dilakukannya penyelidikan.

Untuk turbin dengan banyak sisi buang, instrumentasi harus memberikan nilai tengah tekanan buang statik pada sisi masuk kondensor dari masing-masing sisi buang tekanan rendah. Biasanya harus terdiri dari pasangan lubang sensor tekanan yang terpisah yang dihubungkan ke manifold, kemana alat ukur uji disambungkan. Untuk saluran buang yang kecil memerlukan tidak lebih dari empat alat ukur, yang dindingnya harus dalam arah aliran dan di mana aliran dianggap seragam semua sambungan dapat ditempatkan dalam dinding saluran. Jika diperlukan lebih dari empat alat ukur, beberapa tap tekanan sisanya ditempatkan ke sebelah dalam saluran, dalam hal mana lubang tekanan harus dilengkapi dengan pelat penuntun yang diatur sedemikian, sehingga aliran uap tegak lurus terhadap bukaan. Kalau saluran buang dilengkapi dengan rusuk atau penguat yang melintang ruang uap, beberapa dari sambungan pemipaan alat ukur akan lewat melaluinya dengan bukaan bilas dan normal ke permukaan rusuk. Terminal sambungan alat ukur tekanan buang harus didistribusi ke seluruh kawasan saluran buang dan dengan demikian akan dapat terpusat dalam kawasan yang sama.

Sambungan alat ukur melalui dinding saluran buang atau melalui rusuk melintang ruangan uap harus normal ke dan rata dengan permukaan dinding. Lubang dari ujung yang terbuka harus berdiameter 12,5 mm dan secara seragam dibulatkan tepinya, dengan jari-jari yang tidak melebihi 0,8 mm. Ujung lain lubang itu dapat sembarang ukuran yang cocok untuk sambungan pipa. Sambungan alat ukur dan dinding saluran buang, atau pada rusuk melintang ruang uap masing-masing harus dilengkapi dengan pelat penuntun yang ukurannya tidak kurang dari 300 mm x 300 mm,

ditempatkan terpusat sekitar tap tekanan, melengkung mengikuti lengkungan dinding dan ditempatkan antara 5 sampai 7 cm dari bukaan.

Atas persetujuan kedua belah pihak yang bersangkutan dengan pengujian, basket tip yang khusus seperti terlihat dalam gambar 7 dan gambar 8 atau alat ekuivalen yang ketelitiannya telah dibuktikan dapat dipakai sebagai ganti lubang bilas, asalkan ditulis secara lengkap dalam laporan pengujian.

4.5.4 Manofolds

Manifold pemerata tekanan harus tidak digunakan.

4.5.5 Saluran hubung

Tindakan pencegahan khusus harus diambil dalam membuat sambungan ke saluran buang. Setiap manometer atau kolom air raksa harus di pasang sedekat mungkin ke sambungan tekanan yang bersangkutan dalam saluran atau selongsong buang, tetapi dalam kedudukannya yang bebas dari getaran yang kuat di mana pengamat dapat melakukan pembacaan dengan mudah dan teliti.

Alat ukur uji harus berada pada permukaan yang lebih tinggi dari pada lubang sensor, sehingga sistem pengukuran dapat menguras sendiri kembali ke-kondensor. Sebagai pilihan lain, pengaturan khusus untuk pengurasan yang memadai bisa dibuat. Jika ternyata sulit untuk membuat sistem pengurasan sendiri, maka pihak yang bersangkutan dengan pengujian harus bersepakat tentang sarana pengurasan yang memadai atau pembersihan sistem dengan pembilasan udara atau nitrogen. Keperluan lain untuk saluran hubung tekanan rendah terlihat dalam 4.4.3.

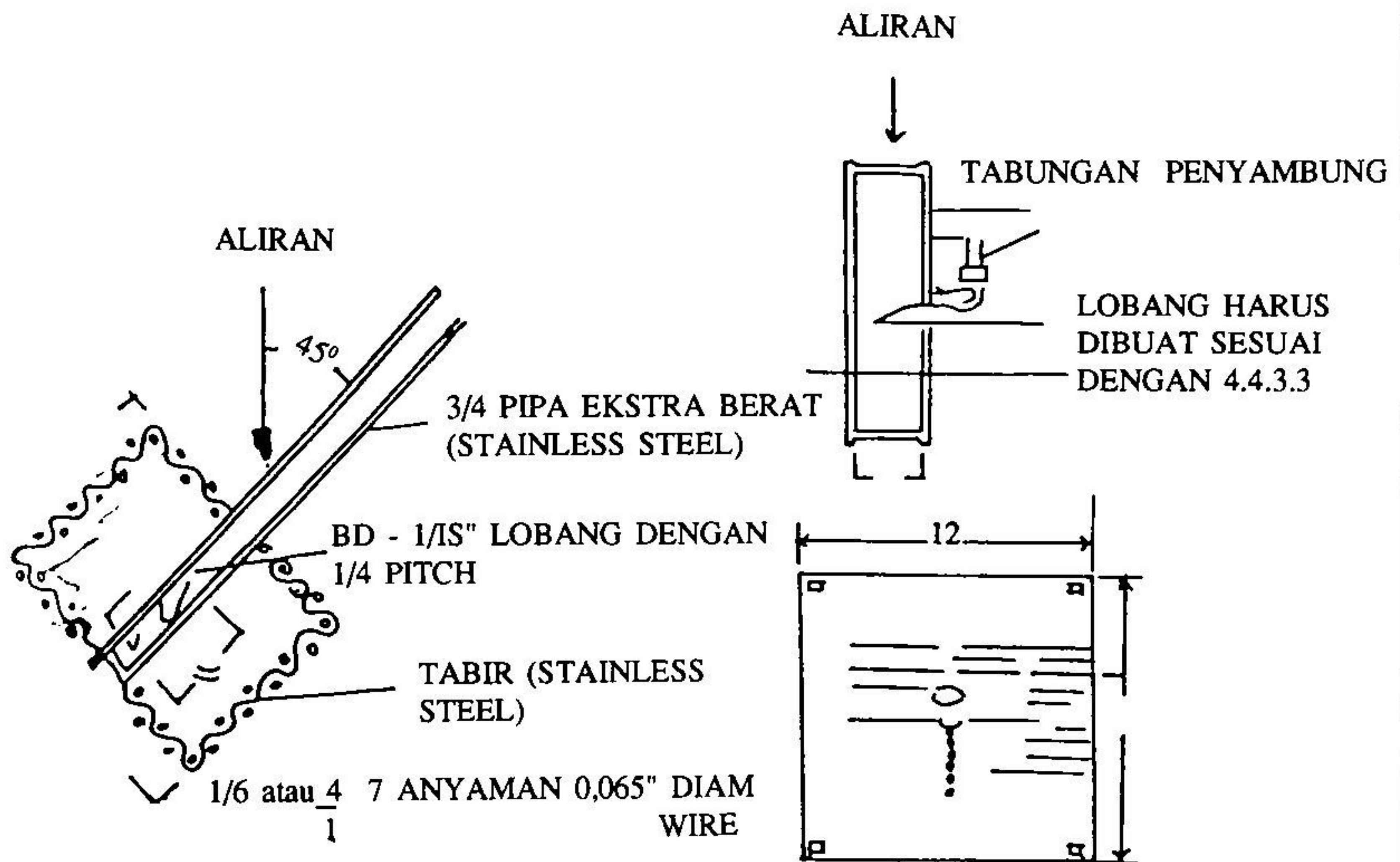
4.5.6 Instrumen

Semua tindakan pencegahan yang diperlukan untuk pengukuran tekanan rendah harus dilakukan. Manometer atau kolom harus dilengkapi dengan skala yang terbagi baik dalam bagian 0,5 mm ataupun dalam bagian yang tidak lebih besar dari 2,5 mm, tetapi dilengkapi dengan suatu vernier, sehingga dalam kedua hal tersebut diatas tinggi tekan air raksa dapat dibaca dengan ketelitian 0,25 mm. Sebelum pengujian, skala manometer atau kolom harus dikalibrasi, sehingga dapat dibaca dengan tepat dalam batas 0,25 mm jika dibandingkan dengan standar.

Tindakan pencegahan harus diambil agar kaki manometer yang terkena tekanan atmosfer tidak dapat dipengaruhi oleh setiap kondisi atmosfer setempat yang berbeda dari kondisi barometer pengukur. Ventilasi dan kipas angin dapat menimbulkan perbedaan tekanan atmosfer yang dapat diukur. Mungkin terdapat kasus di mana perlu memipakan kaki manometer atau kolom yang terkena tekanan atmosfer keluar dari ruangan.

Tindakan pencegahan harus diambil untuk menjamin bahwa :

- (a) Kedua kaki kolom air raksa berada pada kondisi atmosfer yang sama, misalnya terhadap suhu.
- (b) Air raksa dalam manometer, kolom atau barometer berada pada suhu yang sama, misalnya terhadap termometer yang digunakan untuk mengukur suhu kolom air raksa tersebut.



Gambar 7. Basket Tip

Gambar 8 PELAT PEMANDU

Tindakan pencegahan selanjutnya, harus diikuti dalam hal pembacaan tekanan rendah, yang ketelitiannya mempengaruhi hasil uji, dengan tindakan pencegahan lebih jauh, bahwa setiap instrumen ini bersama dengan termometer yang bersangkutan, harus disetel di tempat, setiap untuk pembacaan dan terpengaruh oleh kondisi suhu yang tercatat selama pengujian, tidak kurang dari dua jam sebelum pengujian dimulai.

Kepekaan dapat ditingkatkan dengan mengetuk perlahan-lahan tabung manometer atau tabung pada setiap pengamatan. Tabung gelas manometer atau kolom harus bersih benar sebelum air raksa dimasukkan. Tabung dapat dikeringkan dengan cara membilas dengan alkohol dan eter dan dengan pemanasan.

4.5.7 Kekedapan sistem pengukuran

Kekedapan pemipaan ke alat ukur tekanan buang dan manometer atau kolom air raksa harus diperiksa dengan pemanasan katup dari tipe yang tidak akan menimbulkan rongga yang langsung berbatasan dengan selongsong atau saluran buang, dengan peti gasket, jika ada, yang terkena tekanan pada sisi alat ukur pemipaan ketika katup ditutup.

Katup sudut dapat dipasang. Pada selang waktu tertentu selama pengujian atau diantara pengujian-pengujian dengan vakum penuh pada pemipaan, katup ini harus ditutup. Jika pembacaan kolom air raksa menurun dengan laju tidak lebih besar dari 6 mm dalam 5 menit, pipa alat ukur dapat dianggap cukup kedap.

4.5.8 Kalibrasi

Alat ukur vakum kolom cairan tidak perlu dikalibrasi jika pihak pemakai dapat membuktikan ketelitian skala manometer dan menunjukkan bahwa kemurnian atau kerapatan cairan memenuhi syarat. Koreksi untuk meniskus dan kapilaritas tidak perlu, jika manometer air raksa mempunyai lubang tabung 12,5 mm atau lebih besar.

Jika alat ukur tekanan absolut dibandingkan dengan kolom air raksa dan barometer, kesalahan yang melebihi 0,25 mm perlu diselidiki dan ketidakcocokan harus dihapuskan. Jika ketidakcocokan antara kombinasi kolom dengan barometer dan alat ukur tekanan absolut ternyata melebihi batas tersebut di atas, maka ketidakcocokan ini harus tidak boleh dianggap bahwa kesalahannya terdapat pada alat ukur tekanan absolut; kolom air raksa dan barometer keduanya harus diselidiki.

4.5.9 Koreksi pembacaan

Pembacaan harus diambil rata-ratanya selama pengujian dan kemudian dikoreksi sesuai dengan 4.4.7.

Pembacaan kolom cairan harus dikoreksi sesuai dengan 4.4.7.

Transduser vakum harus dikoreksi untuk setiap penunjukkan perbedaan dengan cara membandingkan dengan kolom cairan yang telah sepenuhnya dikoreksi yang tersambung ke manifold yang sama.

4.6 Pengukuran Suhu

4.6.1 Titik pengukuran suhu

Pengukuran suhu harus dilakukan pada titik sedekat mungkin dengan titik di mana tekanan yang bersangkutan diukur untuk menentukan entalpi.

Suhu yang nilainya mempengaruhi hasil uji harus diukur pada dua titik berbeda yang saling berdekatan, dan nilai tengah dari dua pembacaan itu harus dianggap sebagai suhu cairan. Jika bedanya melebihi $0,5^{\circ}\text{C}$, beda itu harus ditiadakan.

Jika dicurigai terdapat distribusi aliran yang mempunyai perbedaan suhu dalam sebuah pipa, dan suhu rata-rata yang memberatkan mempengaruhi hasil uji, pipa harus diselidiki sepanjang diameternya dengan cara mengukur suhu dan harga rata-rata ditentukan dengan suatu cara yang disetujui oleh pihak-pihak yang bersangkutan dengan pengujian.

4.6.2 Instrumen

Instrumen yang dipilih untuk mengukur suhu yang relatif tinggi adalah :

- (a) Termometer tahanan listrik yang dikalibrasi dengan sebuah jembatan presisi yang telah dikalibrasi dengan kelas ketelitian 0,03%.
- (b) Termokopel mutu tinggi yang dikalibrasi dan potensiometer presisi yang dikalibrasi dari kelas ketelitian 0,03% dengan hantaran berlanjut ketitik sambungan dingin.

Termokopel dan termometer tahanan, dan potensiometernya, jembatan dan galvanometer harus dikalibrasi sebelum dan sesudah pengujian.

Kalibrasi ulang umumnya tidak perlu, jika pengukuran suhu masing-masing digandakan dengan lengkap. Semua alat ini harus ditangani dan dipelihara secara hati-hati dan harus diperiksa secara berkala untuk keseragaman dan kemantapannya.

Termometer air raksa dalam gelas dianjurkan untuk dipakai bila suhu yang diukur kurang dari 100°C (212°C), dan lokasinya sedemikian sehingga pembacaan dapat dilakukan tanpa kesulitan.

Termometer air raksa yang digunakan untuk mengukur suhu yang mempengaruhi hasil pengujian harus dari tipe presisi batang pejal dengan pelat skala yang disetel, dibagi dalam tingkat-tingkat dengan skala yang sesuai untuk pengukuran yang dilakukan. Termometer keemasan logam komersial atau termometer industri tidak boleh digunakan.

4.6.3 Pengukuran suhu utama

Suhu utama adalah suhu yang berpengaruh langsung kepada hasil uji siap guna, seperti uap awal, uap panas ulang yang panas dan yang dingin, suhu air isian akhir, suhu air pendingin (lihat 4.6.5).

Suhu yang lain, seperti suhu pada sisi masuk dan sisi keluar pompa air isian dan sisi masuk kondensat pengawas udara, dapat juga menjadi suhu utama, jika sistem pemanasan isian tidak termasuk dalam kontrak turbin dan sesuai dengan metoda penentuan aliran primer.

Jika aliran cairan yang berhubungan dengan pengukuran suhu utama dialirkan dalam pipa jamak, setiap suhu utama harus diambil sebagai rata-rata aritmatik suhu masing-masing, kecuali jika pihak yang bersangkutan dengan pengujian setuju bahwa beberapa pemberatan aliran memadai.

Dua sumur termometer harus disediakan dalam setiap pipa untuk memungkinkan pengukuran suhu digandakan sebagai mandiri (terpisah). Setiap suhu pia harus diambil sebagai rata-rata aritmatik dua pengukuran, kecuali jika pihak yang bersangkutan dengan pengujian sepakat dengan cara yang lain.

Pengukuran suhu isian akhir harus diambil setelah cabang dari setiap langkau pemanas, dan cukup jauh dari sisi hilir untuk memastikan bahwa pencampuran yang memadai telah terjadi.

4.6.4 Pengukuran suhu rangkaian isian (termasuk uap terjat)

Dengan pengecualian dari pengukuran suhu utama, pengukuran suhu rangkaian isian tidak perlu digandakan. Suhu sisi masuk dan sisi keluar yang cukup pada setiap pemanas harus diukur agar neraca kalor dapat dihitung.

Dalam banyak hal, suhu isian sisi masuk sebuah pemanas harus sama seperti suhu isian sisi keluar pemanas yang terdahulu dan dalam hal ini, satu pengukuran suhu cukup untuk melayani kedua pemanas itu. Jika keduanya, suhu sisi masuk isian dan suhu sisi keluar isian yang terdahulu diukur, maka nilai tengah dari keduanya harus diambil untuk menghindari ketidakcocokan dalam neraca kalor. Jika sambungan balik berada diantara kedua titik maka pengukuran harus dilakukan pada sisi hulu dan sisi hilir sambungan itu.

Suhu uap harus diukur pada setiap ujung pipa uap ekstraksi, yang ada pada sisi hulu daerah turbin dari setiap katup tak balik dan sambungan balik.

Jika pencampuran terjadi dalam pipa uap ekstraksi, suhu campuran harus diukur pada sisi hilir cukup jauh dari sambungan untuk menjamin bahwa telah terjadi pencampuran yang memadai.

Sumur suhu harus ditempatkan pada tempat yang menjamin percampuran yang baik dan mempunyai kemungkinan proses pelapisan yang minimum.

4.6.5 Pengukuran suhu air pendingin kondensor

Suhu ini biasanya hanya diperlukan jika kemampuan kondensor termasuk dalam garansi prestasi turbin generator.

(a) Suhu masuk

Suhu masuk umumnya konstan pada seluruh penampang melintang pipa. Satu pengukuran suhu pada setiap pipa masuk sudah cukup, kecuali terdapat alasan untuk curiga, bahwa telah terjadi proses pelapisan. Kantong termometer dapat digunakan, atau sebagai pilihan lain, aliran kontinu air sample dapat dikeluarkan melalui ruang yang kedalamannya dimasukkan termometer kontak langsung. Jika salah satu pihak mencurigai terjadinya pelapisan, pengukuran harus dilakukan dengan satu atau kedua metoda yang digunakan untuk suhu sisi keluar sebagai tercantum dalam paragraf berikut.

(b) Suhu keluar

Pada sisi keluar kotak air pendingin terjadi pelapisan suhu. Untuk memungkinkan terjadinya percampuran, tempat pengukuran haruslah pada jarak beberapa kali diameter ke hilir. Alat pengambil sample suhu harus digunakan pada setiap sisi keluar kondensor, paling tidak pada jarak dua kali diameter. Alat tersebut dapat berupa tabung pengambil sample yang berlubang-lubang lewat mana air dapat dialirkan ke ruang pencampur atau dapat berupa termopile untuk memperoleh nilai tengah suhu setempat. Harus tidak kurang dari satu lubang pengambilan sample atau termokopel untuk setiap 0,2 m² luas pipa dan harus ditempatkan pada pusat-pusat kawasan pipa yang sama luasnya.

4.6.6 Ketelitian peralatan pengukur suhu

Alat ukur suhu harus cukup teliti sehingga kesalahan maksimum masing-masing tidak mempengaruhi hasil uji akhir lebih dari 0,1%.

4.6.7 Sumur termometer

Bahan sumur termometer harus sesuai untuk suhu yang diukur. Tabung dan sumur harus setipis mungkin, pangkah dengan tegangan yang aman, diameter dalam sekecil mungkin. Perlu diperhatikan, bahwa sumur harus bersih dan bebas dari pengkaratan atau oksidasi. Sumur untuk pengukuran suhu tinggi atau suhu utama dapat dilengkapi dengan sirip luar untuk penyerapan panas yang baik. Untuk tekanan dan suhu yang tinggi sumur termometer dianjurkan dilas ke pipa.

Sumur termometer sebaiknya kering, terutama untuk pengukuran suhu yang lebih tinggi, tetapi harus diisolasi secara hati-hati untuk mengurangi sirkulasi udara atau rugi kalor.

Jika kenaikan suhu sepanjang pompa pengisi harus diukur, sumur termometer pada sisi masuk dan sisi keluar harus dari tipe dan bahan yang sama. Sumur pada pipa sisi keluar harus ditempatkan cukup jauh dari pompa, agar didapat percampuran aliran yang baik.

4.6.8 Tindakan yang harus diperhatikan pada pengukuran suhu

Tindakan berikut harus diperhatikan :

- (a) Perpindahan kalor secara konduksi atau radiasi ke atau dari sarana pengukur suhu selain dari media yang diukur harus dikurangi sekecil mungkin.
- (b) Di sekitar tempat pemasangan termometer harus diisolasi terhadap panas.
- (c) Di dalam pipa berdiameter dalam kurang dari 75 mm, termometer harus dipasang aksial pada bagian yang menikung atau sambungan T. Pada sembarang lokasi yang tidak ada tikungan atau sambungan T-nya, pemipaan harus dimodifikasi sehingga sesuai.
Pada pipa yang berdiameter dalam sama atau lebih besar dari 75 mm, elemen yang peka harus ditempatkan antara 0 sampai 25 mm secara radial dari sumbu, kecuali untuk pipa yang sangat besar dan alat ukur titik jamak yang khusus, tidak memerlukan sumur yang dalamnya melebihi 150 mm.
- (d) Dalam mengukur suhu media yang mengalir, bagian penerima panas peranti harus tidak berada di ruang mati.
- (e) Pada pembacaan, termometer air raksa tidak boleh diangkat dari media yang suhunya diukur, melebihi yang diperlukan untuk membaca penunjukkan suhu. Termometer tipe yang lain tidak boleh digerakkan selama dilakukan pembacaan.
- (f) Setiap instalasi pengukur suhu yang lengkap harus dipasang di tempat dalam kondisi kerja penuh untuk memenuhi kondisi suhu yang berlaku selama pengujian, sekurang-kurangnya dua jam sebelum mulai pengujian.

4.7 Pengukuran Kualitas Uap**4.7.1 Umum**

Pada pusat pembangkit tenaga yang menggunakan tipe reaktor nuklir tertentu, uap yang disalurkan ke turbin berada pada suhu uap jenuh dan mungkin mempunyai

persentase kelembaban yang kecil. Karena itu perlu diperhatikan kadar kelembabannya, agar dapat ditentukan jumlah keperluan uap dari turbin.

Mungkin perlu juga ditentukan kadar kelembaban uap setelah ekspansi sebagian pada turbin, misalnya pada titik di mana uap ekstraksi dialirkan ke pemanas air isian atau pemisah air atau pemanas ulang. Jika ada kemungkinan untuk mengembunkan uap ekstraksi dan mengukur kondensatnya, maka entalpi uap dapat ditentukan dengan perhitungan neraca kalor.

Metoda yang lazim untuk menentukan kadar kelembaban uap adalah dengan :

- (a) kalorimeter cekik,
- (b) kalorimeter pemanas listrik.

Metoda yang pertama hanya dapat dipakai jika kualitas dan tekanan uap memungkinkan untuk menghasilkan tingkat panas lanjut yang terukur dalam kalorimeter. Batasan ini tidak mencakup metoda kedua. Tetapi kedua metoda tersebut dapat memberikan hasil yang menyesatkan, sebab terdapat kemungkinan kurang kehomogenannya dan sukar mendapatkan contoh yang tepat dari campuran air-uap setempat serta adanya ketidakpastian apakah uap yang melewati kalorimeter itu telah mewakili aliran utama.

Dewasa ini telah diperkenalkan dan ditetapkan pemakaiannya, metoda yang lebih tepat yang menggunakan pelacak, radioaktif atau non-radioaktif.

4.7.2 Teknik pelacak

Teknik pelacak yang menggunakan metoda pengenceran merupakan metoda yang teliti untuk menentukan fase air atau fraksi kelembaban dari aliran air-uap dan fase. Metoda pengenceran didasarkan pada pengukuran konsentrasi pelacak dalam contoh air. Pengenceran dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara, yang dapat diterapkan untuk penentuan entalpi cekik dan entalpi ekstraksi, sebagai berikut :

Metode kondensasi

Konsentrasi pelacak dalam kelembaban yang dikandung oleh uap dianggap sama seperti konsentrasi pelacak dalam air ketel. *) Setelah kondensasi uap dan pengukuran aliran massa serta konsentrasi pelacak di dalam ketel dan di dalam kondensat, suatu perhitungan neraca massa dapat menentukan jumlah air yang terbawa dalam uap dari ketel.

Metoda injeksi laju konstan

Larutan pelacak yang diketahui kekuatannya diinjeksikan pada suatu laju yang ditentukan ke dalam aliran uap. Setelah tercampur, contoh air diambil dan konsentrasi pelacak diukur, perhitungan neraca dapat menentukan kadar kelembaban uap pada sisi hulu titik injeksi. Tindakan harus dilakukan untuk memastikan bahwa campuran adalah homogen dan tidak ada uap yang dikeluarkan bersama air.

Metoda lain dapat juga digunakan atas persetujuan bersama.

*) Anggapan ini harus dibuktikan dengan percobaan lebih lanjut.

4.7.3 Metoda kondensasi

Pelacak yang tepat, yang dilarutkan dalam fase air uap basah pada konsentrasi C_{wat} akan diencerkan oleh kondensasi uap. Setelah seluruh uap mengembun, konsentrasi pelacak dalam kondensat akan menjadi C_{cond} . Konsentrasi-konsentrasi itu mempunyai hubungan menurut persamaan yang berikut :

$$C_{wat} \cdot M = C_{cond} \cdot M_{cond} \quad (10)$$

di mana :

M = laju aliran massa air dalam aliran uap basah.

M_{cond} = laju aliran massa kondensat uap basah

Dengan konsentrasi pelacak yang diketahui dari pengukuran pengujian, sebelum dan sesudah kondensasi, fraksi kebasahan uap (kelembaban) dinyatakan dengan perbandingan :

$$1 - x = M/M_{cond} = C_{cond}/C_{wat} \quad (1)$$

dan kualitas uap ditentukan dengan :

$$z = 1 - C_{cond}/C_{wat} \quad (12)$$

Kualitas cekik dapat dihitung dari kualitas dan tekanan uap yang keluar dari pembangkit uap, dan tekanan cekik.

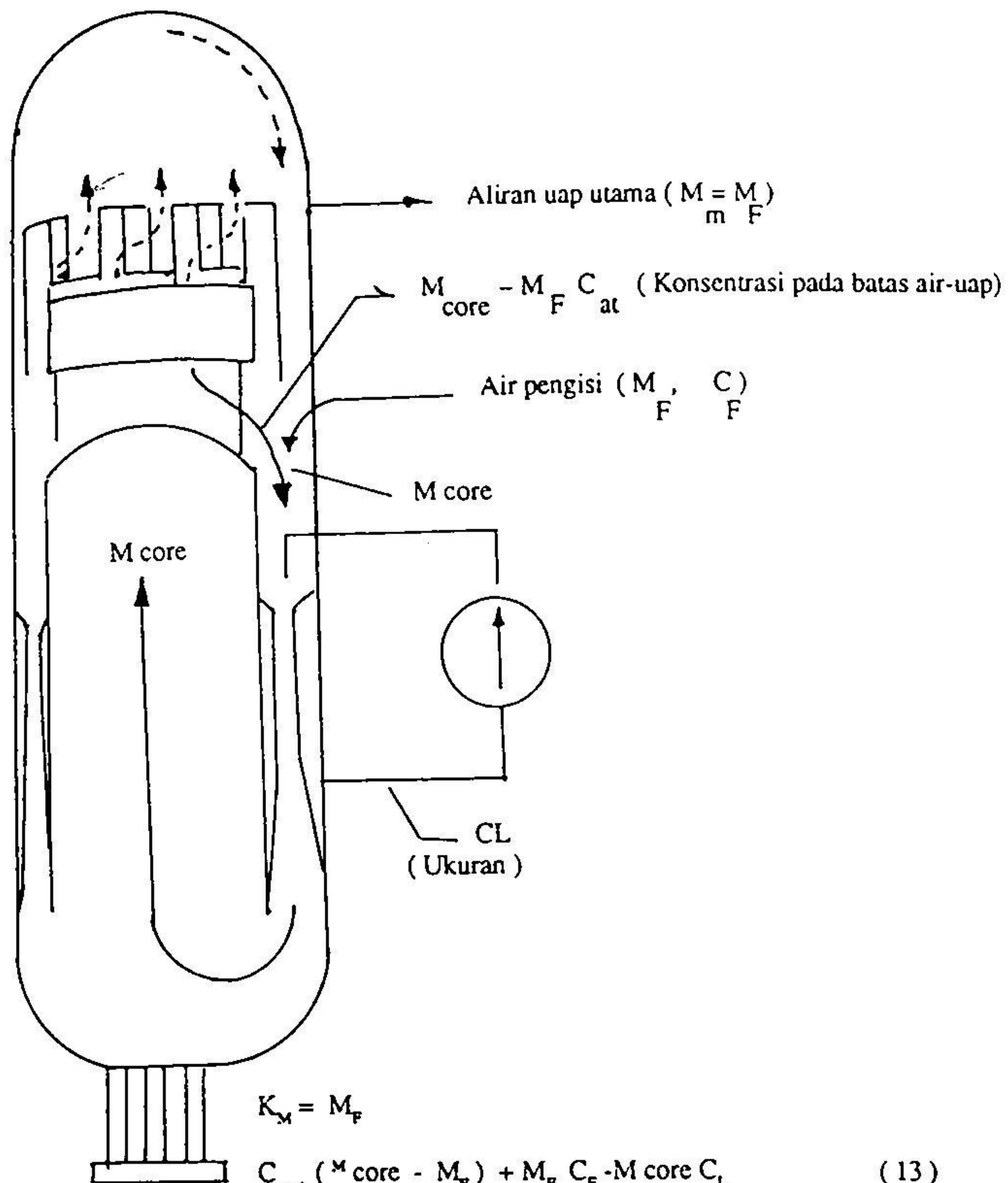
Kelembaban dalam uap yang keluar dari pembangkit uap adalah akibat dari air yang terbawa. Jadi adanya pelacak dalam air di pembangkit uap juga akan dijumpai dalam uap.

Dalam siklus tanpa pemanas ulang, pelacak akhirnya diencerkan dalam jumlah aliran yang kembali ke pembangkit uap. Dengan demikian metoda kondensasi, kelembaban yang keluar dari pembangkit uap dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan (12) di atas.

Dalam siklus pemanas-ulang, kesalahan dalam penentuan kelembaban cekik yang disebabkan oleh pelapisan pelacak dalam pemanas ulang dapat diabaikan, asalkan kehasilgunaan pemisah kelembaban bagian luar mendekati 100%. Tetapi ada kemungkinan untuk mengukur kelembaban yang terbawa dari pembangkit uap selama pengujian khusus, yaitu dengan pemanas ulang yang tidak bekerja, jika disetujui oleh pihak-pihak yang bersangkutan.

Jika konsentrasi pelacak diukur pada dasar pembangkit uap, maka R (lihat Gambar 9 dan Gambar 10) harus diperhitungkan dalam penentuan konsentrasi C_{wat} , yang membantu untuk penentuan kualitas uap. Akibatnya, tata cara ini kurang tepat jika dibandingkan dengan pengukuran langsung C_{wat} .

Penentuan konsentrasi dalam jumlah aliran, C_{cond} , tergantung pada pengaturan pemanas air isian. Pada siklus dengan pemanas yang bertingkat, aliran seluruhnya biasanya terdapat pada sisi keluar dari pompa kondensat. Pada siklus yang lain, jika demi-neralisator dilangkau selama pengujian, maka C_{cond} menjadi konsentrasi pelacak dalam air isian akhir. Kemungkinan yang lain adalah menghitung C_{cond} dari neraca aliran pelacak. Tetapi perhitungan ini membutuhkan beberapa pengukuran aliran dan konsentrasi. Dalam segala hal, pengaruh seperti sumber pelacak luar yang mengisi siklus atau rugi pelacak (demineralisator) harus diperhitungkan.



$$C_{wat} (M_{core} - M_F) + M_F C_F - M_{core} C_L \quad (13)$$

$$C_{wat} = \frac{M_{core} C_L - M_F C_F}{M_{core} - M_F} \quad (14)$$

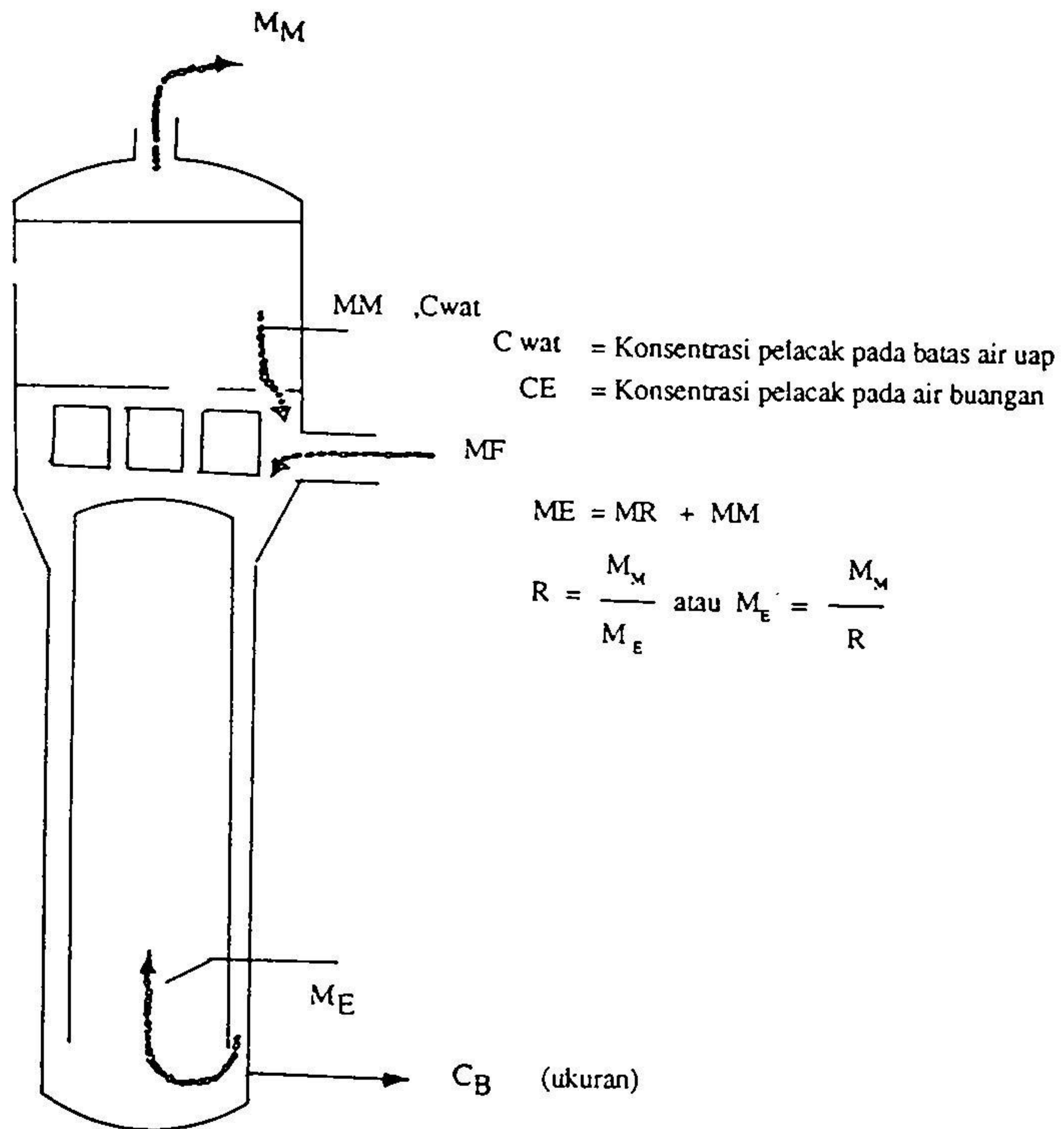
$$C_F \ll C_L \text{ and } M_F < M_{core}$$

$$C_{wat} = \frac{CL M_{core}}{M_{core} - MF} = \frac{CL}{1 - R} \quad (15)$$

$$\text{dimana } R = \frac{M_F}{M_{core}} = \frac{M_M}{M_{core}}$$

Gambar . 9. Perhitungan kualitas uap tor air.

cekikan untuk reak



$$M_E = M_R + M_M$$

$$M_R = M_E - M_M = \frac{M_M}{R} - M_M = (1 - R) \cdot \frac{M_M}{R} \quad (16)$$

$$C_{wat} \approx \frac{C_B \cdot M_E}{M_R} = C_B \cdot \frac{\frac{M_M}{R}}{(1 - R) \frac{M_M}{R}} = \frac{C_B}{1 - R} \quad (17)$$

$$C_{wat} = \frac{C_B}{1 - R} \quad (18)$$

Gambar 10

Perhitungan kualitas uap cekikan untuk reaktor air bertekanan

Metoda kondensasi dapat digunakan untuk menentukan entalpi uap ekstraksi basah. Metoda ini sangat sesuai jika pelacak yang cocok telah berada dalam lintasan uap. Tetapi, analisa kesalahan menunjukkan bahwa hasil yang teliti hanya dapat diperoleh pada pemanas tanpa pengurasan bertingkat.

Dengan metoda ini, entalpi ekstraksi dievaluasi dari neraca energi dan neraca pelacak di sekeliling pemanas.

Untuk neraca pelacak diperlukan konsentrasi pelacak dalam seluruh aliran ke dan dari tiap bagian cangkang pemanas. Pengambilan contoh kurasan pemanas untuk pengukuran konsentrasi pelacak cukup mudah, karena itu hanya aliran fase tunggal. Pengambilan contoh air dari saluran ekstraksi memerlukan tindakan yang sama seperti dalam hal metoda injeksi.

$$M_M = M_F$$

$$C_{wat} (M_{core} - M_F) + M_F \cdot C_F = M_{core} \cdot C_L \quad (13)$$

$$C_{wat} = \frac{M_{core} \cdot C_L - M_F \cdot C_F}{M_{core} - M_F} \quad (14)$$

$$C_F \ll C_L, \quad \text{dan} \quad M_F < M_{core}$$

$$C_{wat} = C_L \frac{M_{core}}{M_{core} - M_F} = \frac{M_F}{1 - R} \quad (15)$$

dimana :

$$R = \frac{M_F}{M_{core}} = \frac{M(15)}{1 - R}$$

C_{wat} = konsentrasi pelacak pada batas air uap.

C_B = konsentrasi pelacak buangan

M_E = $M_R + M_M$

$$R = \frac{M_M}{M_E} \quad \text{atau} \quad M_E = \frac{M_M}{R}$$

$$M_E = M_R + M_B$$

$$M_R = M_E - M_M = \frac{M_M}{R} - M_M = (1 - R) \frac{M_M}{R} \quad (16)$$

$$C_{wat} = \frac{C_B \cdot M_E}{M_R} = C_B \cdot \frac{\frac{M_M}{R}}{(1 - R) \frac{M_M}{R}} = \frac{C_B}{1 - R}$$

$$C_{wat} = \frac{C_B}{1 - R}$$

4.7.4 Metoda injeksi laju konstan

pelacak yang larut dalam air dengan konsentrasi C_{inj} diinjeksikan dengan suatu

laju yang tetap, M_{inj} , ke dalam aliran uap - air yang kelembabanya akan diukur. Konsentrasi C_{wat} diukur dalam fase air ke hilir dari titik injeksi setelah terjadi pencampuran yang memadai. Untuk kondisi ini, dapat ditulis neraca massa yang berikut :

$$C_o \cdot M + M_{inj} = (M + M_{inj} + \Delta M) \cdot C_{wat} \quad (19)$$

$$M = \frac{M_{inj} \cdot (C_{inj} - C_{wat}) - M \cdot C_{wat}}{C_{wat} - C_o} \quad (20)$$

dimana :

M = laju aliran massa air dalam campuran uap - air pada titik pengambilan contoh

C_o = konsentrasi awal dalam fase air pada titik pengambilan contoh, sebelum injeksi mulai, karena jumlah pelacak yang lazim (konsentrasi dasar).

ΔM = perubahan dalam aliran air (kondensasi uap karena injeksi larutan pelacak dingin).

4.7.5 Entalpi ekstraksi yang ditentukan metoda injeksi laju konstan

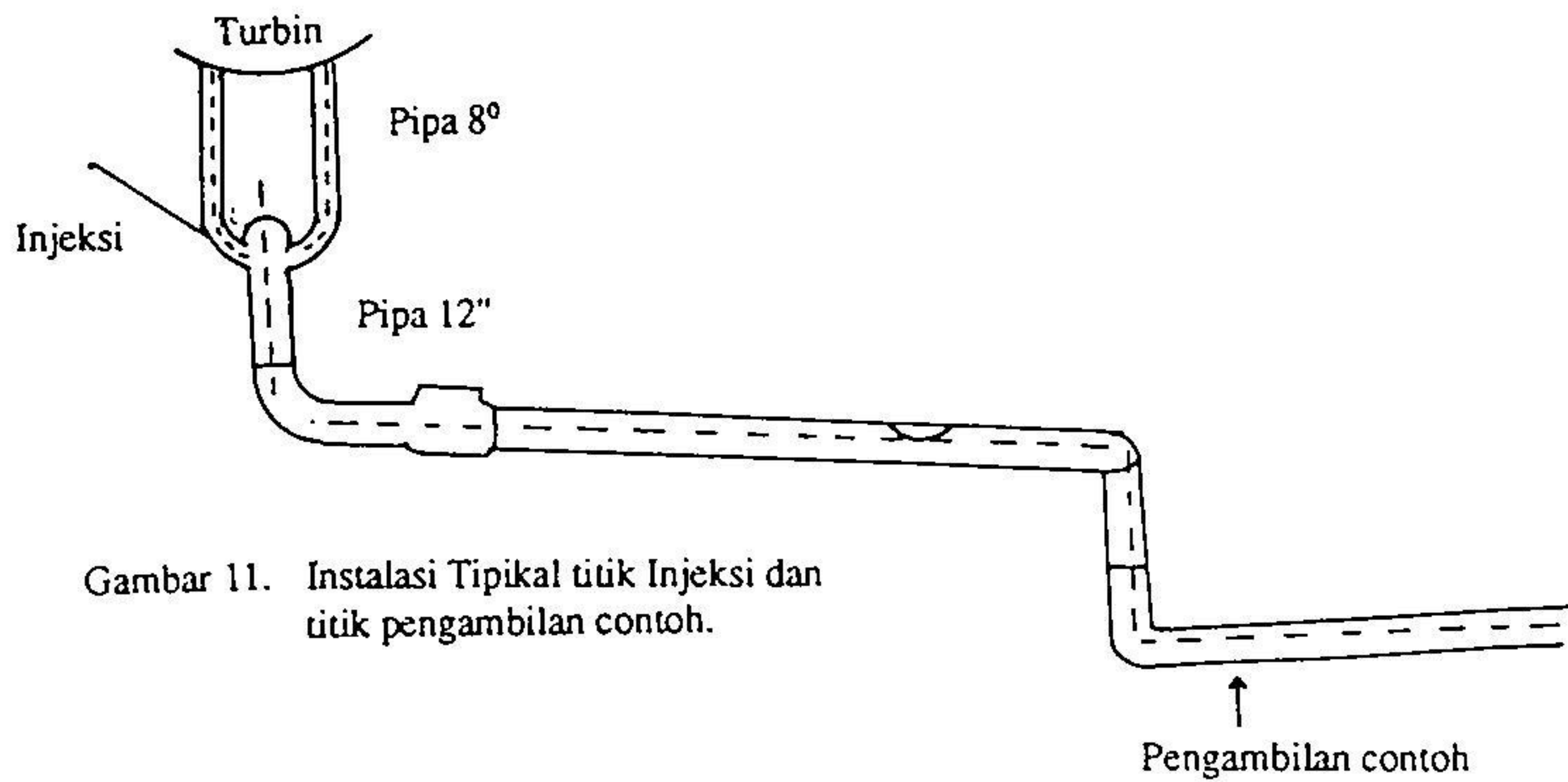
Jika laju aliran fase air dalam jalur ekstraksi ke pemanas air isian diketahui, entalpi uap basah dapat dihitung dengan neraca energi di sekeliling pemanas. Laju aliran air dapat diukur dengan metoda injeksi laju konstan. Mengukur laju aliran dan konsentrasi larutan pelacak serta mempertahankan laju injeksi yang konstan termasuk sederhana. Tetapi konsentrasi pelacak dalam fase air di sisi hilir titik injeksi dapat ditentukan dengan teliti, hanya jika pelacak tercampur dengan baik dan contoh fase cairan dapat diperoleh.

4.7.5.1 Titik injeksi

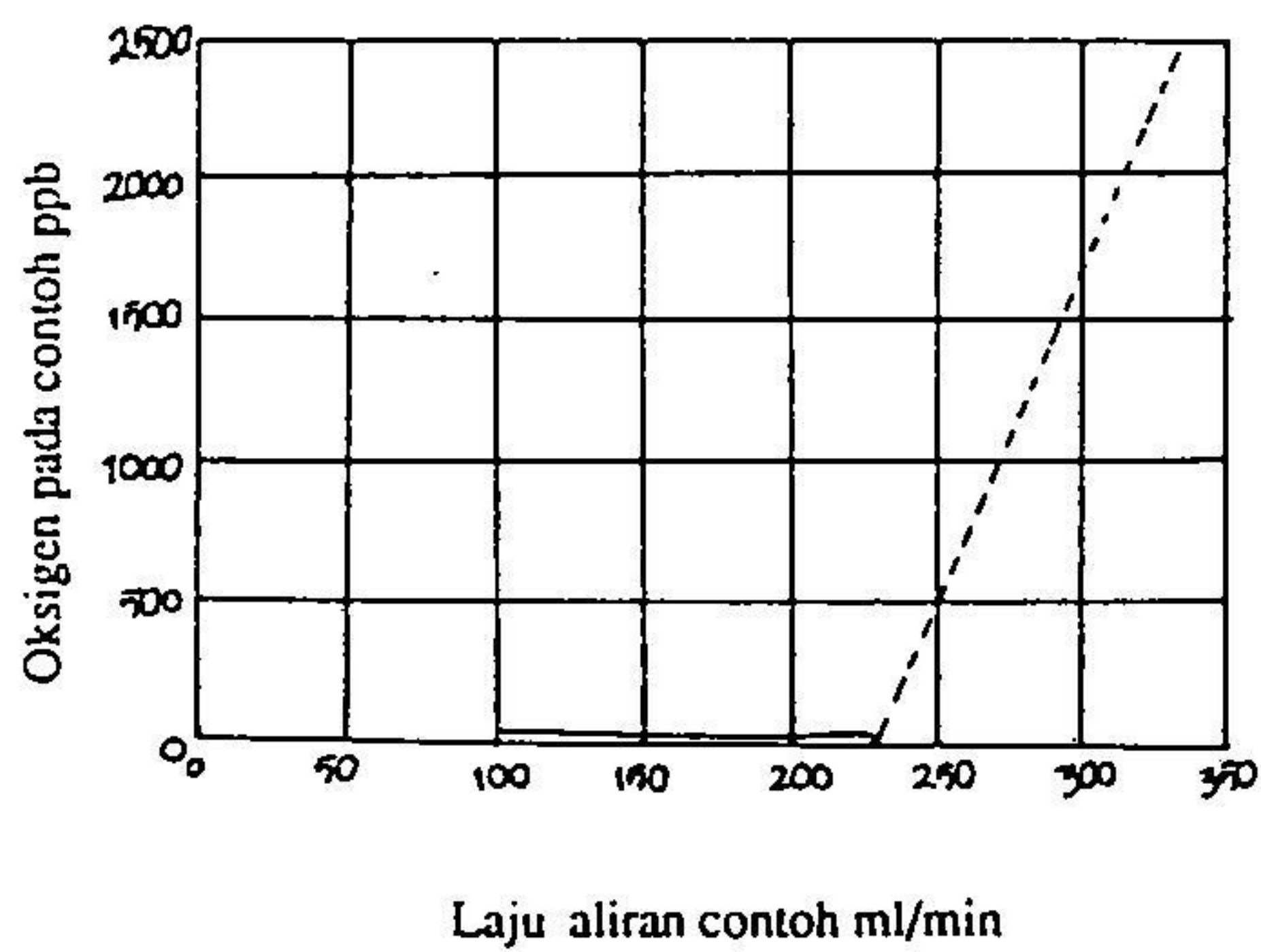
Agar contoh menjadi benar-benar cocok, pelacak harus didistribusikan secara homogen dalam fase air. Karenanya, titik injeksi harus ditempatkan langsung di sebelah hilir flens ekstraksi turbin, dan titik pengambilan contoh itu harus dekat dengan pemanas. Suatu pipa panjang dengan beberapa tikungan akan meningkatkan pencampuran. Penggunaan penyemprot untuk injeksi kelihatannya masuk akal tetapi mungkin tidak diperlukan.

4.7.5.2 Titik pengambil contoh

Karena tiap uap terkondensasi dalam contoh akan memberikan hasil yang palsu, tindakan hati-hati harus diambil dalam pemilihan lokasi pengambilan contoh. Pada kondisi dan kecepatan yang biasanya didapati dalam jalur ekstraksi, air tidak didistribusikan secara homogen ke seluruh penampang melintang, melainkan mengumpul ke arah dinding pipa. Ini adalah distribusi yang menguntungkan dalam hubungan pengambilan contoh air, sehingga suatu tap dinding yang sederhana akan terbukti cukup memuaskan. Tetapi, keuntungan dari gaya gravitasi atau gaya sentrifugal harus diambil, dengan menempatkan tap pada sisi dasar pipa atau di sebelah luar sisi luar tikungan. Gambar 11 menunjukkan pasangan tipikal titik injeksi dan titik pengambilan contoh. Dalam hal jalur ekstraksi sangat pendek, seperti misalnya, pemanas yang dipasang pada leher kondensor, permasalahan mungkin dihadapi dalam memperoleh contoh air. Dalam hal demikian, peraturan ini menganjurkan contoh air diambil dari kursan pemanas.



Gambar 11. Instalasi Tipikal titik Injeksi dan titik pengambilan contoh.



Gambar 12 : Kadar oksigen aliran contoh

Dalam siklus dengan kurasan sebelum pemompaan, metoda di atas memberikan ketelitian yang sama dengan metoda injeksi tanpa sesuatu instrumentasi tambahan. Dalam siklus dengan kurasan bertingkat ke kondensor, kurasan sisi hulu harus dibelokkan langsung ke kondensor, sehingga dengan demikian akan memberikan hasil yang sebanding. Pembelokan seperti itu mengharuskan penetapan ukuran pemipaan kurasan ke kondensor untuk menampung seluruh aliran bertingkat pada beban penuh. Metoda pembelokan harus dilaksanakan sebelum pengujian taraf kalor.

4.7.5.3 Laju aliran pengambilan contoh

Laju aliran pengambilan contoh arus disetel sedemikian rupa, sehingga kondensat ikutan uap dapat dicegah. Laju pengambilan contoh maksimum yang diperbolehkan dapat ditentukan, misalnya, dengan menganalisa aliran pengambilan contoh untuk oksigen yang terlarut. Oksigen (20 sampai 30 ppm) wajar terdapat dalam uap dari reaktor air didih sebagai hasil radialisa. Laju aliran pengambilan contoh harus ditentukan sebelum melakukan pengujian taraf kalor. Kadar oksigen harus diukur untuk berbagai laju aliran contoh dan diplot seperti terlihat dalam Gambar 12.

Laju aliran di mana uap mulai masuk ke dalam pengambilan contoh dapat terlihat dengan kenaikan yang tajam kadar oksigen. Keberlakuan penggunaan oksigen atau pelacak yang sesuai lainnya sebagai sarana pelacakan fraksi uap didasarkan kepada distribusi oksigen antara fase cairan dan fase uap. Pada tekanan kurang dari 35 bar, oksigen hampir seluruhnya berada dalam fase uap. Dalam instalasi tipe lain, pelacak yang cocok, seperti $X_{\text{enon}} 133$ dapat ditambahkan.

4.7.6 Pelacak penggunaannya

Agar metoda ini memberikan hasil yang teliti, pelacak harus memenuhi kriteria yang berikut :

- (a) Tidak membahayakan operator.
- (b) Tidak merusakkan bahan yang dipakai
- (c) Larut dalam air tetapi tidak larut dalam uap (konsentrasi dalam fase uap 10^{-6} dapat dicapai dengan campuran pelacak yang cocok).
- (d) Tidak menguap.
- (e) Stabil pada kondisi yang ada dalam daur turbin, tidak terserap pada permukaan bagian dalam (asalkan air tidak menguap seluruhnya).

Reaktor air ringan dari pembangkit yang ada di desain untuk tingkat tekanan dan suhu yang mengizinkan sejumlah pelacak memenuhi kriteria tersebut. Pada tingkat tekanan yang lebih tinggi hal ini mungkin lebih sulit. Selanjutnya, permasalahan konsentrasi kimiawi yang terikat bersama dengan kepekaan dan ketelitian metoda analitik yang bersedia harus dipertimbangkan. Metoda seperti pengukuran konduktivitas atau metoda gravimetrik mungkin sangat tidak peka untuk memberikan ketelitian yang diperlukan pada tingkat konsentrasi yang dapat diterima pada beberapa sistem nuklir. Jika pelacak digunakan, tindakan hati-hati harus diambil untuk mencegah pencemaran lingkungan.

4.7.6.1 Pelacak radioaktif

Pelacak radioaktif adalah cocok untuk digunakan dalam instalasi pembangkit tenaga nuklir, dimana diperlukan lisensi untuk memiliki dan menangani bahan radioaktif yang tidak menimbulkan permasalahan khusus. Konsentrasi pelacak yang kurang dari 1 dalam 10⁹ dapat diukur teliti dengan menggunakan teknik hitungan Gamma. Untuk siklus uap beradioaktif sangat rendah, konsentrasi keaktifan pelacak yang diperlukan untuk pengujian yang teliti adalah sangat kecil; tetapi pelacak harus berupa isotop umur pendek untuk menghindari permasalahan pencemaran jangka panjang. Karena tidak praktis untuk mengukur konsentrasi dari contoh yang diperoleh kembali secara serentak, perlu penerapan koreksi terhadap konsentrasi yang diukur dari setiap contoh untuk memperhitungkan kemunduran isotop. Salah satu pelacak yang memenuhi kriteria ini adalah 15 jam Natrium 24. Jika teknik pelacak digunakan untuk menentukan kualitas uap cekik dan ekstraksi serta kebocoran pemanas maka ada beberapa keuntungan dalam penggunaan tiga pelacak radioaktif yang berbeda.

4.7.6.2 Pelacak Natrium tidak radioaktif

Teknik pelacak Natrium didasarkan pada penentuan yang teliti dan langsung konsentrasi massa Natrium dalam contoh air. Natrium biasanya terdapat dalam siklus PWR karena penggunaan Natrium-fosfat untuk kontrol kimiawi air sampai sekunder. Teknik pelacak Natrium juga mengamankan status ketidak-radioaktifan sampai sekunder dalam siklus PWR.

(a) Metoda fotogrametri nyala.

Analisa Natrium dapat dilakukan dengan spektrometer nyala. Tindakan hati-hati harus diambil untuk mencegah Natrium yang ada dalam lingkungan yang mencemari contoh. Penentuan berulang kali dari konsentrasi Natrium harus dilakukan untuk setiap titik pengambilan contoh. Konsentrasi Natrium dapat juga ditentukan dari contoh yang mengalir terus.

(b) Metoda elektroda ion Natrium

Alat analisa Natrium dapat digunakan untuk memonitor terus-menerus dari contoh yang mengalir begitu juga untuk penganalisaan contoh yang terpisah.

Pemakaian teknik pelacak tidak radioaktif harus konsisten dengan peraturan yang menyangkut keselamatan metalurgis sistem reaktor dan semua alat bantu.

4.8 Pengukuran Waktu

Waktu periode uji dan pengamatan dapat ditentukan dengan :

(a) Sinyal jam induk atau sinyal pencatat waktu.**(b) Pengamatan jam tangan oleh pengamat masing-masing yang harus dicocokkan sebelum pengujian.**

Untuk setiap pengukuran yang menggunakan meter terpadu pengukuran waktu dengan ketelitian yang tinggi diperlukan. Stopwatch atau alat ukur waktu listrik secara sendiri-sendiri harus digunakan. Tindakan hati-hati yang khusus harus diberikan untuk menyerempakkan secara tepat pembacaan meter terpadu dan alat ukur waktu.

4.9 Pengukuran Kecepatan

Kecepatan dapat diukur dengan sarana hitung mekanik dan jam, dengan sarana stroboskop, instrumen ukur frekuensi (mekanik atau elektrik) atau dengan sarana instrumen ukur kecepatan.

Transduser sinyal dan transformer sinyal dapat dipakai.

5 EVALUASI PENGUJIAN

5.1 Persiapan Evaluasi

Dari pembacaan instrumen yang dilakukan selama pengujian, hasil pengujian yang sesuai dengan 2.4 dihitung.

Sebelum mengevaluasi hasil pengukuran periode waktu harus ditentukan dari periode keseluruhan selama mana pembacaan pengujian telah dilakukan, setidaknya sepadan dengan periode yang sudah ditetapkan dalam 3.8.3. Selama periode pengujian persyaratan 3.8.1. yang berhubungan dengan penyimpangan kondisi operasi dan kondisi garansi dan yang berhubungan dengan fluktuasi dalam kondisi operasi harus dipengaruhi.

Hasil pembacaan semua instrumen termasuk instrumen terpadu dan hasil pembacaan pengukuran waktu yang bersangkutan harus tersedia untuk memulai dan mengakhiri periode pengujian yang terpilih (Lihat 5.2.1.).

5.2 Komputasi hasil

5.2.1 Perhitungan nilai rata-rata pembacaan instrumen

Untuk evaluasi lebih lanjut, nilai rata-rata pembacaan yang diambil selama periode pengujian yang didefinisikan sesuai 5.2 dihitung untuk setiap instrumen pengukur. Nilai variabel yang masuk evaluasi dalam hubungan linier nilai rata-rata adalah nilai tengah. Tata cara yang tepat secara teoritis untuk merata-ratakan pembacaan beda tekanan panjang alat ukur aliran adalah dengan menghitung nilai tengah akar pangkat dua pembacaan. Tetapi jika amplitudo pembacaan kurang dari 10%, maka kemungkinan kesalahan maksimum yang timbul dengan perhitungan akar pangkat dua nilai tengah pembacaan adalah kurang dari 0,1%.

Jika data dari instrumen terpadu dibandingkan dengan pembacaan rata-rata instrumen penunjuk, maka harus dipastikan bahwa data tersebut telah ditentukan untuk periode waktu yang sama. Pembacaan pertama dan terakhir dari instrumen penunjuk hanya mewakili separo nilai pada tata cara perhitungan nilai rata-rata.

5.2.2 Koreksi dan konversi pembacaan rata-rata

Hasil pembacaan rata-rata dikoreksi untuk memperhitungkan semua pengaruh dari instrumentasi dan dikonversikan ke satuan yang diperlukan, dengan memper-timbangkan :

- (a) konstanta instrumen dan koreksi nol,
- (b) koreksi kalibrasi,
- (c) nilai referensi pembacaan instrumen (misalnya tekanan barometrik, suhu ambien),
- (d) setiap pengaruh tambahan (misalnya kaki air).

5.2.3 Pengecekan data yang diukur

5.2.3.1 Kesesuaian

Setelah perhitungan data yang diukur, seperti tekanan, suhu dan laju aliran, pemeriksaan menyeluruh harus dilakukan untuk meneliti kesalahan yang serius ketidakkonsistenan, dengan hukum fisika dan hukum kesesuaian umumnya. Jika terdapat perbedaan besar dengan sebab dan kelanjutan yang tidak diketahui, maka

pengujian harus diulang seluruhnya atau seperlunya. Pengukuran tambahan yang memadai harus dibuat untuk kejelasannya. Pembacaan instrumen yang jelas salah harus ditiadakan. Atas dasar persetujuan bersama dari pihak yang bersangkutan dengan pengujian, pembacaan yang demikian itu dapat diganti dengan pembacaan instrumen lain atau dengan perhitungan yang tepat atau dengan nilai perkiraan.

5.2.3.2 Evaluasi pengukuran ganda

Jika hasil beberapa instrumen yang tidak tergantung satu sama lain tersedia waktu variabel yang sama, maka nilai rata-ratanya harus dihitung dengan cara yang cocok, biasanya sebagai nilai tengah.

5.2.3.3 Nilai aliran uap awal

Jika kondisi kesesuaian menurut 4.3.3. dipenuhi, maka nilai tengah aliran uap awal yang ditentukan dari beda pengukuran aliran primer digunakan dalam perhitungan lebih lanjut. Jika tidak dipenuhi, maka 4.3.3 dapat digunakan.

5.2.3.4 Bocoran yang tidak diperhitungkan

Bocoran sedapat mungkin harus dilokalisasi dan ditiadakan. Jika pengukuran yang tepat dari aliran bocoran yang masih ada tidak dapat dilakukan, maka harus diperkirakan dan dimasukkan dalam perhitungan laju aliran. Bocoran yang tidak dilokalisasi dan hasilnya tidak dihitung sebagai kerugian dalam jumlah isi tampung, jika perlu juga diperhitungkan dalam evaluasi lebih lanjut.

Seluruh kebocoran yang tidak diperhitungkan selama pengujian, yang dinyatakan dalam persen dari aliran uap awal-beban penuh, harus tidak lebih 0,1%. Jika tidak, maka pengujian hanya dapat diterima dengan persetujuan bersama dari pihak yang bersangkutan dengan pengujian.

5.2.4 Tabel dan grafik dari uap dan air

Tabel uap dan tabel air serta grafiknya yang dipakai sebagai dasar garansi harus digunakan untuk perhitungan pengujian. Nama dan edisi dari tabel dan grafik yang dipakai harus dicantumkan dalam laporan pengujian. Tabel yang dipakai harus konsisten dengan Tabel Skeleton Internasional yang disahkan dalam Koperasi Internasional ke 6 mengenai Sifat-sifat Uap dalam tahun 1963, dan lebih disukai yang didasarkan pada Perumusan IEC tahun 1967 untuk Pemakaian Industri yang disahkan dalam ICPS ketujuh dalam tahun 1968 atau edisi terakhir.

5.2.5 Perhitungan hasil uji

Efisiensi termal dan atau efisiensi termodinamik, kapasitas aliran uap awal dan keluaran harus dihitung sesuai dengan ketentuan nilai garansi (lihat 2.4.). Menurut 5.1 dan 5.2 nilai tertentu harus ditetapkan untuk setiap variabel yang harus digunakan khusus dalam evaluasi lebih lanjut.

6 Reaksi hasil uji dan perbandingan dengan garansi

6.1 Nilai Garansi dan Kondisi Garansi

Nilai garansi yang harus dibuktikan dengan uji siap-guna termal, menunjukkan tingkat prestasi turbin. Ketentuan diberikan dalam 2.4.

Karena hasil uji sangat tergantung juga pada parameter dan kondisi terminal siklus dan parameter sistem pemanas isian, maka semua ini harus ditentukan secara

lengkap dan jelas serta merupakan kondisi garansi yang dispesifikasikan. Hal ini merupakan bagian dari garansi, dalam beberapa kasus dianjurkan agar memberikannya dalam bentuk diagram neraca kalor dengan semua data yang tepat.

Jika ekstraksi atau penambahan uap dan/atau air sudah termasuk dalam siklus garansi, maka hal ini juga merupakan suatu kondisi garansi yang dispesifikasikan.

6.2 Koreksi Kapasitas Aliran Uap Awal

Untuk koreksi kapasitas aliran uap awal ke kondisi garansi, persamaan berikut digunakan :

$$M_{\text{maks},c} = M_{\text{maks},m} \cdot \frac{P_{1,g}}{P_{1,m}} \cdot \sqrt{\frac{P_{1,1} \cdot V_{1,m}}{P_{1,g} \cdot V_{1,g}}}$$

di mana :

$M_{\text{maks},m}$ = kapasitas aliran uap awal yang diukur selama pengujian dengan katup dibuka lebar.

Jika rasio tekanan keluar turbin dan tekanan masuk turbin tidak cukup kecil, maka mungkin diperlukan penggunaan persamaan yang lengkap :

$$M_{\text{maks},c} = M_{\text{maks},m} \cdot \frac{P_{1,g}}{P_{1,m}} \cdot \sqrt{\frac{P_{1,1} \cdot V_{1,m}}{P_{1,g} \cdot V_{1,g}}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{P_{2,g}^2}{P_{1,g}^2}}{1 - \frac{P_{2,m}^2}{P_{1,m}^2}}} \quad *) \quad (23)$$

6.3 Koreksi Keluaran Maksimum

Untuk mengoreksi keluaran maksimum P_{maks} ke kondisi garansi, pengaruh dari kapasitas aliran uap awal $M_{1,\text{maks}}$ dan efisiensi harus diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{\text{maks},c} = P_{\text{maks},g} \cdot \frac{M_{1,\text{maks},c}}{M_{1,\text{maks},g}} \cdot \frac{\eta_{\text{maks},c}}{\eta_{\text{maks},g}} \quad (24)$$

Efisiensi pada keluaran maksimum, setelah dikoreksi ke kondisi garansi, jika perlu, $\eta_{\text{maks},c}$ harus diekstrapolasi dari nilai yang diukur dan yang telah dikoreksi.

6.4 Koreksi Efisiensi Termal dan Efisiensi Termodinamik

Jika suatu kondisi operasi menurut 6.1 berbeda selama pengujian dari kondisi garansi, maka efisiensi termal dan efisiensi termodinamik, demikian juga taraf kalor dan taraf uapnya, harus dikoreksi sebelum dapat dibandingkan dengan nilai garansi.

Agar koreksi tetap kecil, maka kondisi operasi selama pengujian harus sedekat mungkin dengan kondisi garansi yang dispesifikasikan. Penyimpangan maksimum yang diizinkan untuk parameter operasi terpenting telah dinyatakan dalam 3.8.2.

*) $\frac{1+\gamma}{1} = 2$

Koreksi untuk penyimpangan dari kondisi garansi yang dispesifikasikan dapat dibagi dalam tiga kategori.

Kategori 1 terdiri dari koreksi untuk penyimpangan kondisi operasi terminal turbin itu sendiri terhadap kondisi garansi yang dispesifikasikan, misalnya (lihat juga 6.7) :

- (a) Tekanan uap awal,
- (b) Suhu uap awal,
- (c) Suhu uap panas-ulang,
- (d) Kualitas uap awal,
- (e) Penurunan tekanan pemanas-ulang,
- (f) Tekanan keluar turbin atau suhu dan aliran pendingin kondensor,
- (g) Hasil guna separator kelembaban,
- (h) Kecepatan.

Kategori 2 terdiri dari variabel yang terutama berpengaruh pada sistem pemanasan isian. Kategori ini mencakup koreksi, misalnya sebagai seperti yang berikut (lihat juga 6.7.) :

- (a) Perbedaan terminal pemanas-isian,
- (b) Penurunan tekanan jalur-ekstraksi,
- (c) Perubahan sistem tangki-air,
- (d) Kenaikan entalpi lewat pompa-kondensat dan pompa-pengisi,
- (e) Pendingin kondensat yang kurang dalam kondensor,
- (f) Aliran air tambahan,
- (g) Aliran kebocoran gland turbin,
- (h) Aliran temperatur-semprot untuk ketel,
- (i) Perbedaan konfigurasi sistem pemanasan isian (pemanas tidak berfungsi).

Kategori 3 koreksi mengenai kondisi operasi generator. Hal ini tidak tergantung pada bagian lain dari instalasi dan mudah menentukannya. Tetapi jika kalor yang setara dengan rugi generator dipindahkan ke dalam air-isian, maka kalor itu lebih terlibat dan paling baik dimasukkan dalam kategori 2.

- (a) Faktor daya generator,
- (b) Tegangan,
- (c) Tekanan hidrogen.

6.5 Ketentuan dan Penerapan Nilai Koreksi

Untuk keperluan koreksi umumnya dianggap, bahwa pengaruh berbagai parameter operasi pada hasil uji tidak saling tergantung satu dengan yang lain. Karena itu, nilai koreksi ditentukan secara sendiri-sendiri menurut penyimpangan parameter operasi masing-masing dan kemudian digabungkan ke dalam bentuk koreksi keseluruhan. Nilai koreksi adalah faktor yang ditentukan sebagai berikut :

$$F = \frac{\eta C}{\eta m} \quad (25)$$

di mana :

η_c = efisiensi yang telah dikoreksi berdasarkan kondisi garansi yang dispesifikasikan,

η_m = efisiensi yang diukur.

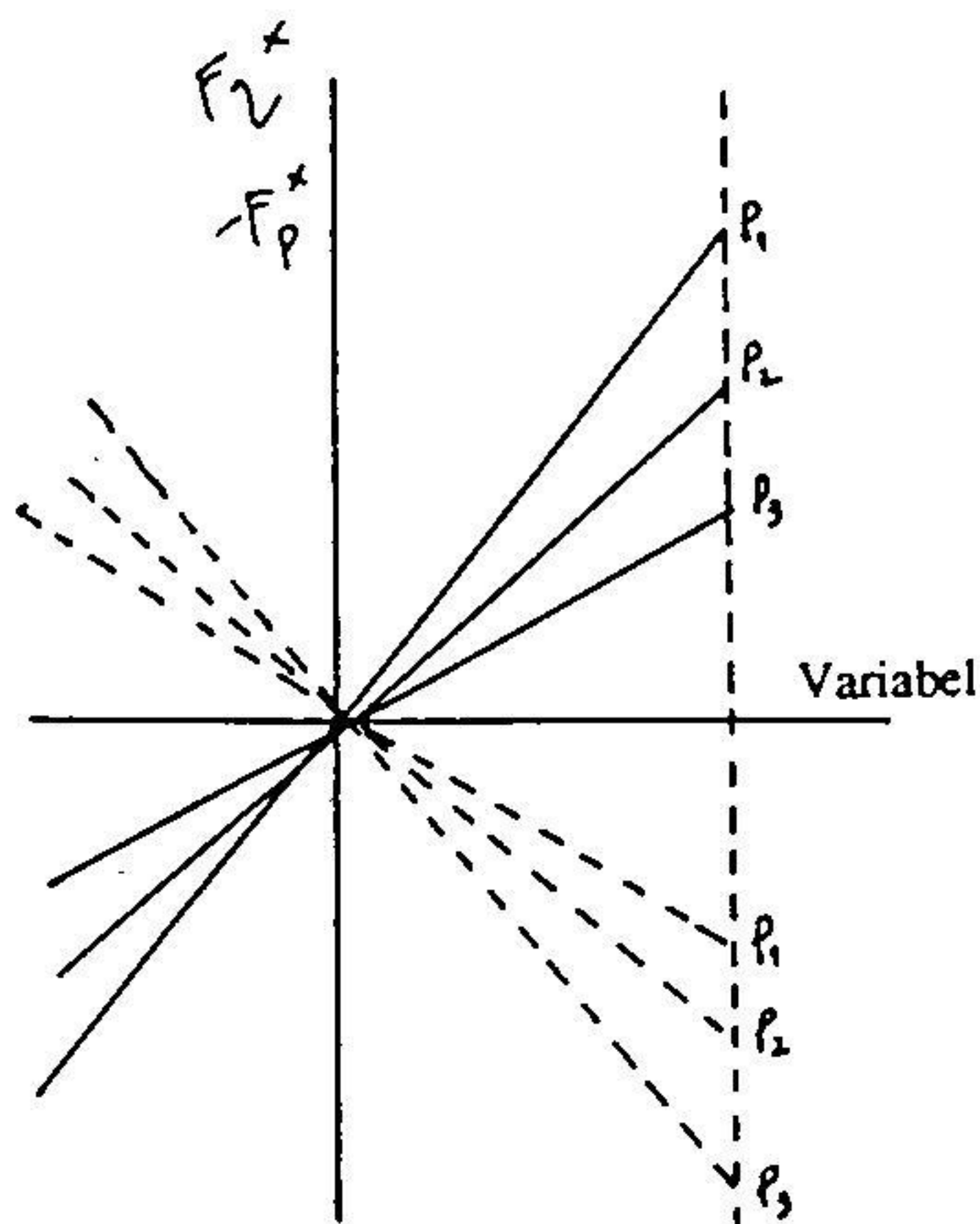
Untuk semua parameter, di mana koreksi adalah tergantung pada beban, faktor koreksi harus ditentukan untuk setiap titik beban garansi.

Koreksi hasil uji ke kondisi garansi yang dispesifikasikan dapat juga dipengaruhi oleh perhitungan ulang secara lengkap dari turbin dan daur termalnya, umumnya dengan sarana program komputer dengan mempertimbangkan juga karakteristik turbin dan komponen instalasi serta kondisi operasi selama pengujian. Metoda ini menghasilkan secara langsung koreksi lengkap tanpa memakai faktor koreksi masing-masing dan memperhitungkan juga hingga tingkat tertentu saling ketergantungan variabel yang berbeda.

Mungkin lebih mudah untuk membuat koreksi kategori 2 dengan perhitungan ulang, karena kurva koreksi untuk variabel ini mungkin tidak tersedia. Koreksi kategori 1 dibuat kemudian dengan sarana kurva koreksi.

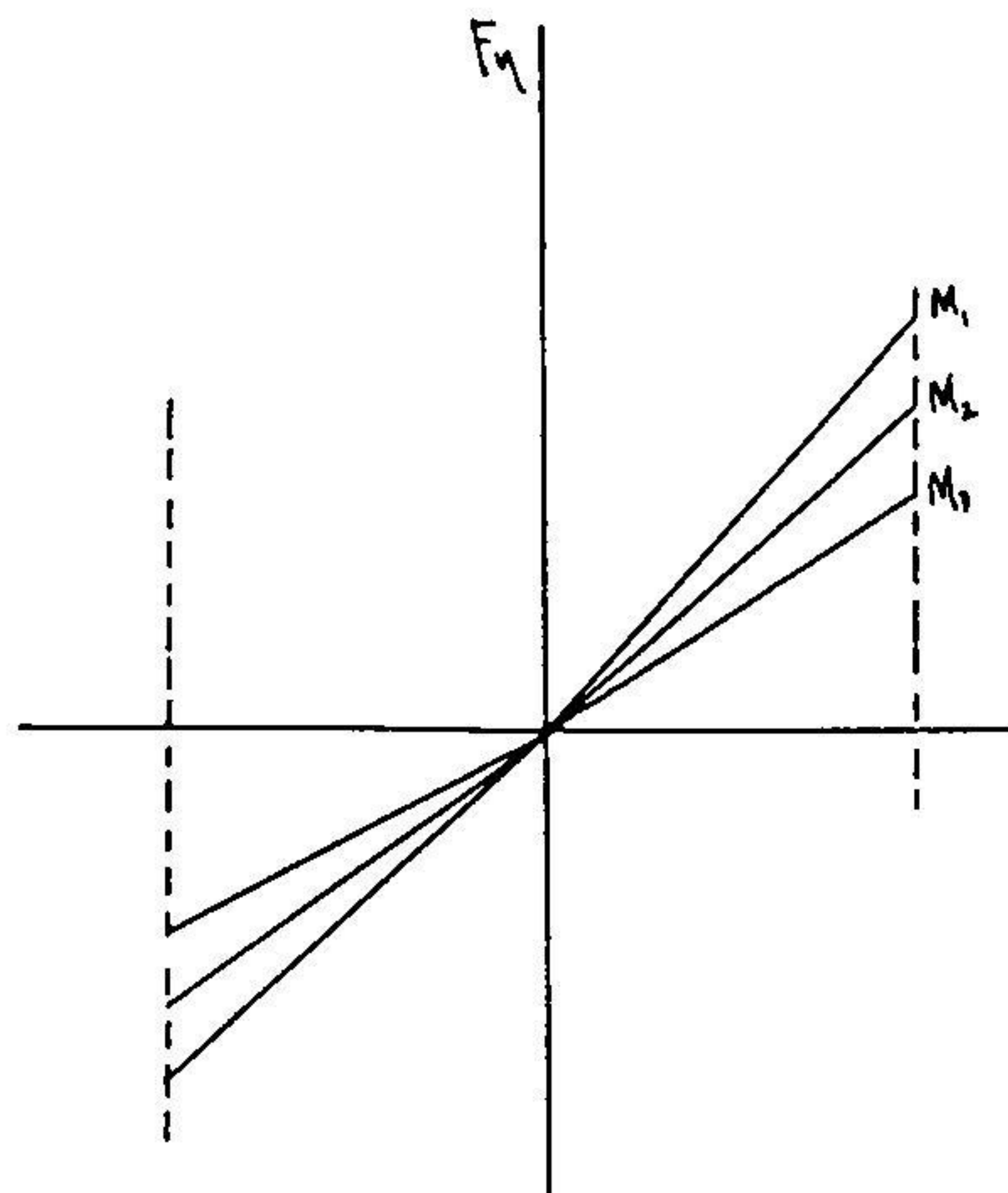
6.6 Metode Koreksi

Penentuan metoda koreksi dan penentuan nilai serta kurva yang diperlukan tergantung pada metoda untuk pembandingan garansi yang akan digunakan (lihat 6.8.).



Definisi 6.6 (b)

Gambar 13.b



Definisi 6.6 (a)

Gambar 13.a

- (a) Jika perbandingan garansi akan dibuat untuk aliran uap awal yang konstan, maka untuk setiap variabel yang berpengaruh pada efisiensi termal atau efisiensi termodinamik harus dipertimbangkan untuk koreksi.
- (b) Jika pembandingan garansi akan dibuat untuk posisi katup turbin yang konstan, maka pengaruh pada efisiensi dan keluaran dari setiap variabel harus ditentukan.

Tata cara koreksi dan tata cara pembandingan yang dipakai harus disetujui oleh pihak yang bersangkutan dengan pengujian jauh sebelum pengujian agar terdapat cukup waktu untuk melakukan pekerjaan persiapan yang perlu. Kurva koreksi pabrikan harus diserahkan dalam periode yang disetujui (kecuali persetujuan khusus telah dibuat dalam kontrak, kurang lebih tiga bulan sebelum pengujian). Metoda koreksi 6.6.1 dianjurkan khususnya, untuk turbin dalam hubungan dengan siklus yang rumit (turbin dengan ekstraksi uap atau penjeratan uap untuk keperluan lain, dengan uap sekunder dan sebagainya, atau dengan siklus pemanasan air-isian yang sulit dan modern) dan untuk turbin dengan banyak koreksi siklus. Jika sarana perhitungan yang cocok diterapkan, maka metoda ini memberikan koreksi yang lebih pasti, lengkap dan berguna dari pada koreksi-koreksi menurut metode 6.6.2. Metoda koreksi lain yang cocok dapat juga digunakan dengan persetujuan pihak yang bersangkutan dengan pengujian.

6.6.1 Koreksi dengan perhitungan neraca kalor

Koreksi dapat dibuat dengan menghitung suatu neraca kalor untuk mengoreksi siklus dan kondisi operasi pengujian terhadap siklus dan kondisi operasi garansi yang dispesifikasikan, ialah, efisiensi pengujian turbin (yang telah dikoreksi karena pengaruh kondisi operasi pengujian, jika perlu), bersama dengan kondisi yang dipesifikasikan digunakan untuk menghitung suatu siklus "pengujian yang dikoreksi" yang dapat dibandingkan dengan siklus "garansi". Sebagai pihak lain siklus dan kondisi operasi garansi yang dispesifikasikan, ialah efisiensi turbin yang dispesifikasikan, bersama dengan kondisi pengujian yang digunakan untuk menghitung siklus "garansi" baru yang dapat dibandingkan dengan siklus pengujian.

Pada turbin yang menggunakan uap panas lanjut, metoda pertama umumnya digunakan, sedang untuk turbin yang menggunakan uap basah, mungkin lebih mudah untuk dilaksanakan secara tepat metoda kedua.

Koreksi yang dihitung terbatas untuk variabel kategori 2. Koreksi untuk variabel kategori 1 dan 3, dibuat dengan menggunakan kurva koreksi. Jika perhitungan ulang siklus untuk koreksi kategori 2 telah menyebabkan perubahan pada suatu variabel group 1 dan 3 yang harus dikoreksi, maka hanya selisih yang ada terhadap kondisi garansi dapat dikoreksi dengan kurva.

Pada koreksi dengan perhitungan ulang neraca kalor yang lengkap pada kondisi pengujian, metoda perhitungan perlu memperhitungkan dengan tepat pengaruh kondisi pengujian pada prestasi turbin dan komponen instalasinya.

Jika program yang telah digunakan untuk perhitungan siklus garansi kontrak tidak lagi berlaku, metoda yang berikut dapat digunakan :

Nilai efisiensi termal pada kondisi garansi η_g' ditentukan dengan program yang ada, yang dapat sedikit menyimpang dari efisiensi garansi η_g , karena perbedaan kecil antara program dan data yang digunakan untuk menentukan nilai garansi dan untuk perhitungan ulang. Efisiensi termal η_m pada kondisi uji dihitung dengan







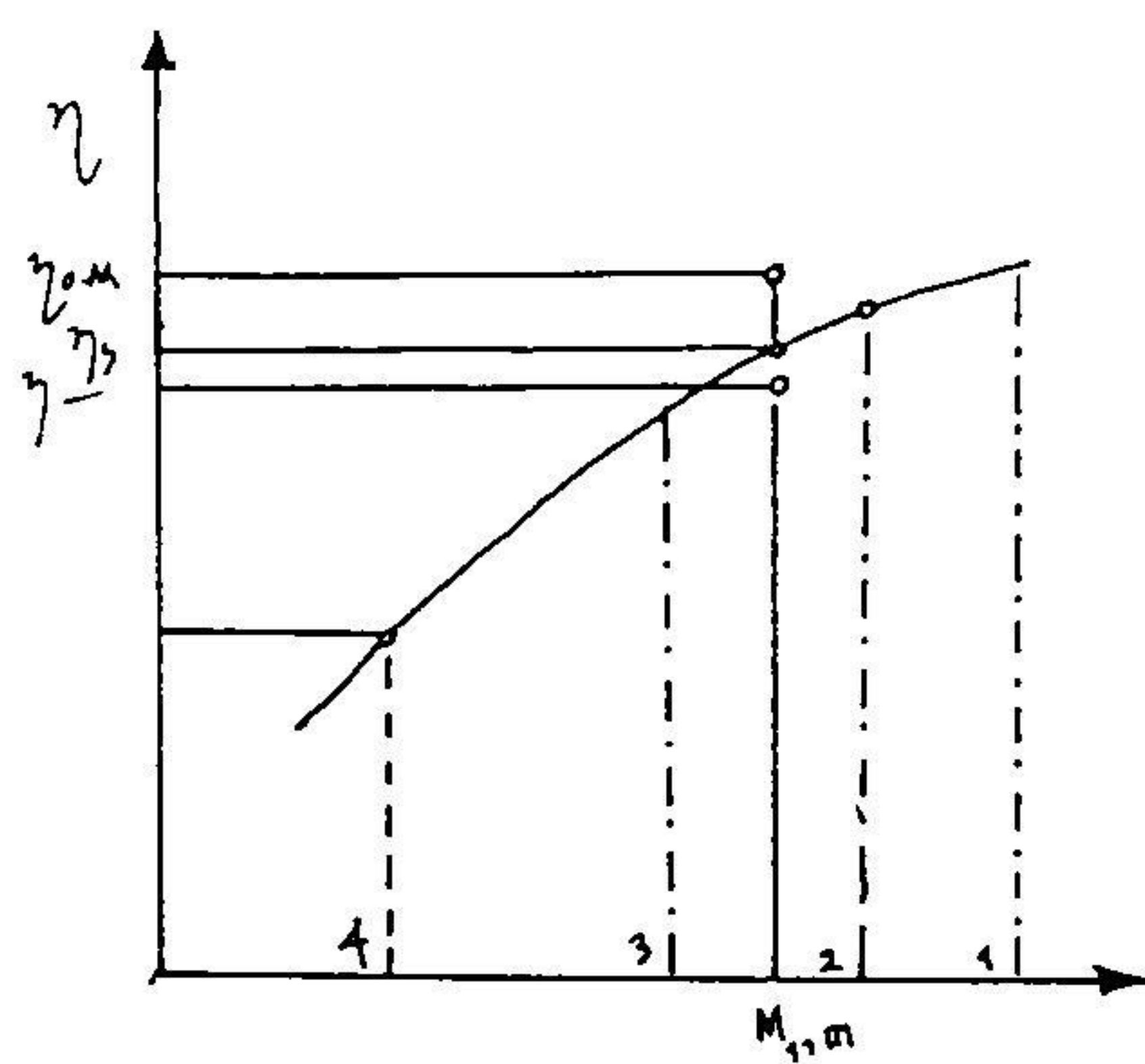






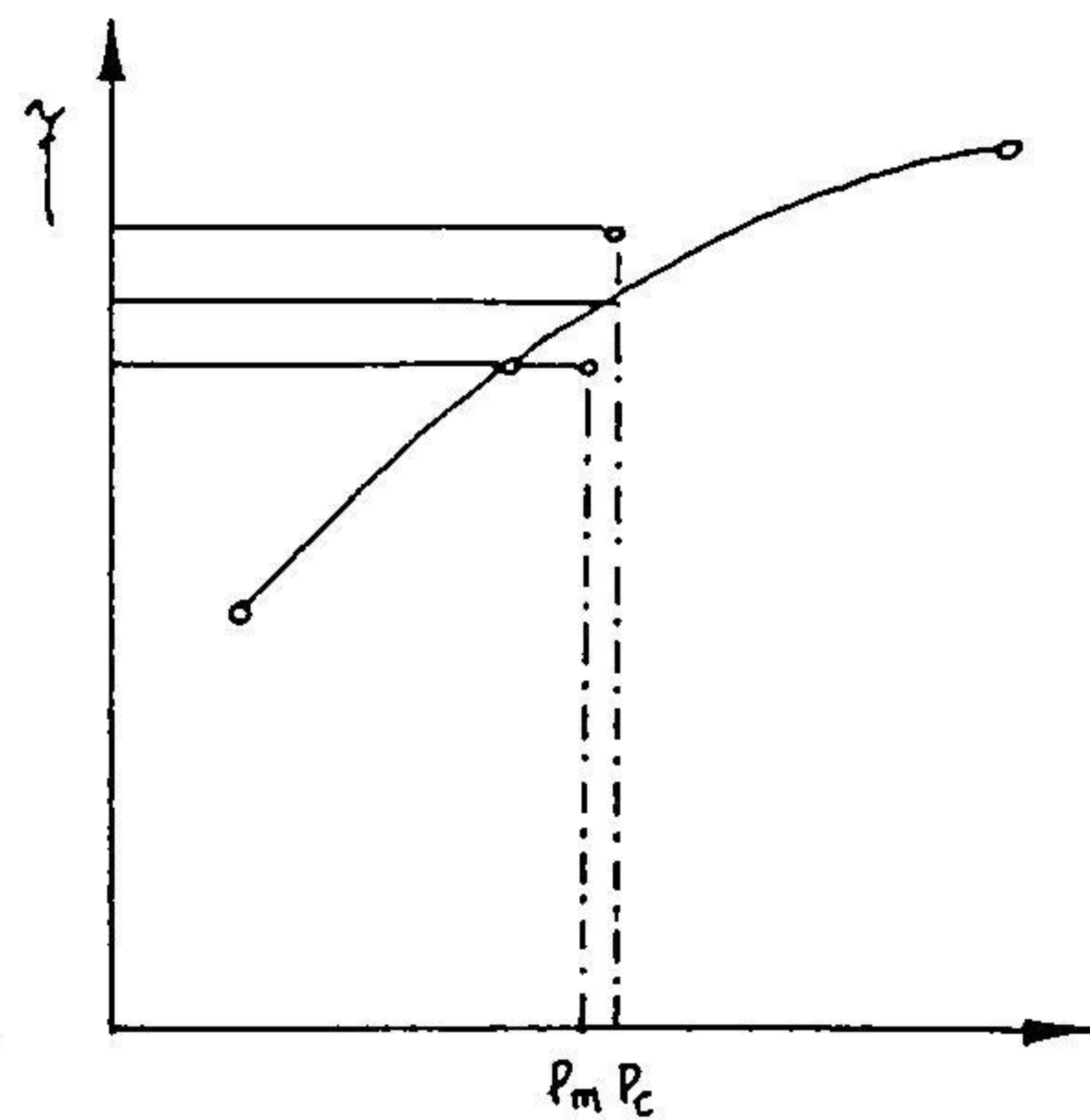






aliran uap awal M_1

Gb. 14a :Kurva kedudukan sebagai fungsi uap awal.



Keluaran

Gb. 14b : Kurva kedudukan sebagai fungsi keluaran daya.

Pembandingan garansi pada kurva kedudukan

LAMPIRAN A

(Lampiran untuk 3.4.5. Pemeriksaan kebocoran kondensor dan pemanas air isian)

(1) Pengujian kebocoran pemanas air isian

Pemanas dapat diperiksa kebocorannya pada saat turbin tidak berputar, dengan menggunakan pompa kondensat atau pompa pengisi ketel untuk menjaga tekanan pada sisi air pemanas. Kebocoran ditunjukkan oleh pengumpulan air dalam hotwel atau cangkang pemanas, dan jika tekanan air pada operasi normal dipertahankan maka taraf kebocoran dapat diperkirakan. Tetapi pada kenyataannya taraf kebocoran dapat berubah menurut suhu pemanas. Taraf kebocoran terukur harus dianggap hanya sebagai petunjuk kekedapan relatif pemanas dan tidak dapat dipakai sebagai dasar untuk koreksi pengukuran aliran primer.

Pada beberapa instalasi dimungkinkan untuk memeriksa kebocoran pemanas dengan turbin dalam keadaan berputar, asalkan dapat dilakukan suatu penutupan yang rapat uap ekstraksi dan tidak terdapat kurasan pemanas yang bertingkat ke dalam pemanas yang sedang diperiksa.

Pada pelayanan sebenarnya, metoda yang berguna untuk pemeriksaan kebocoran pemanas, jika diduga terdapat kebocoran, dilakukan dengan menginjeksikan sejumlah bahan kimia pengolah air ke dalam jalur kondensat sebelum pemanas isian. Pemeriksaan daya hantar kondensat kurasan pemanas dari setiap pemanas yang diduga bocor, akan menunjukkan kenaikan daya hantar yang menyolok, pada saat bahan injeksi itu lewat.

(2) Pengujian kebocoran kondensor

Sebelum dan sesaat sesudah pengujian turbin, pengujian hidrolik harus dilakukan pada kondensor dengan mengisikan air ke dalam ruang uap sampai sekurang-kurangnya 20 cm di atas deretan pipa teratas dan dicatat jika kebocoran air ke dalam kotak air pada sisi masuk dan sisi ke luar.

Suatu metoda lain dari pengujian kondensor sebelum dan sesudah pengujian turbin, adalah dengan membuat vakum kondensor dan turbin dengan menutup semua jalur masuk udara dan uap, dan dengan pompa air pendingin mengalirkan air secara normal ke pipa kondensor. Jumlah kebocoran yang ada dalam hotwel merupakan suatu ukuran kebocoran kondensor.

Kekedapan kondensor, sesaat sebelum dan selama pengujian turbin, harus diperiksa dengan pengujian daya hantar listrik dari contoh pengembunan uap pada sisi keluar turbin, contoh kondensat hotwel kondensor dan contoh air pendingin setelah diencerkan dengan sejumlah air destilasi yang telah diketahui.

Sebagai pilihan lain, kebocoran dapat diperiksa dengan metoda kimiawi atau dengan metoda fluoresan.

LAMPIRAN B

(Lampiran untuk 4.3.2.1 Alat ukur tekanan diferensial untuk mengukur aliran air primer atau uap primer, dan 4.3.2.2. Kalibrasi alat ukur tekanan diferensial)

(1) Desain dan pembuatan

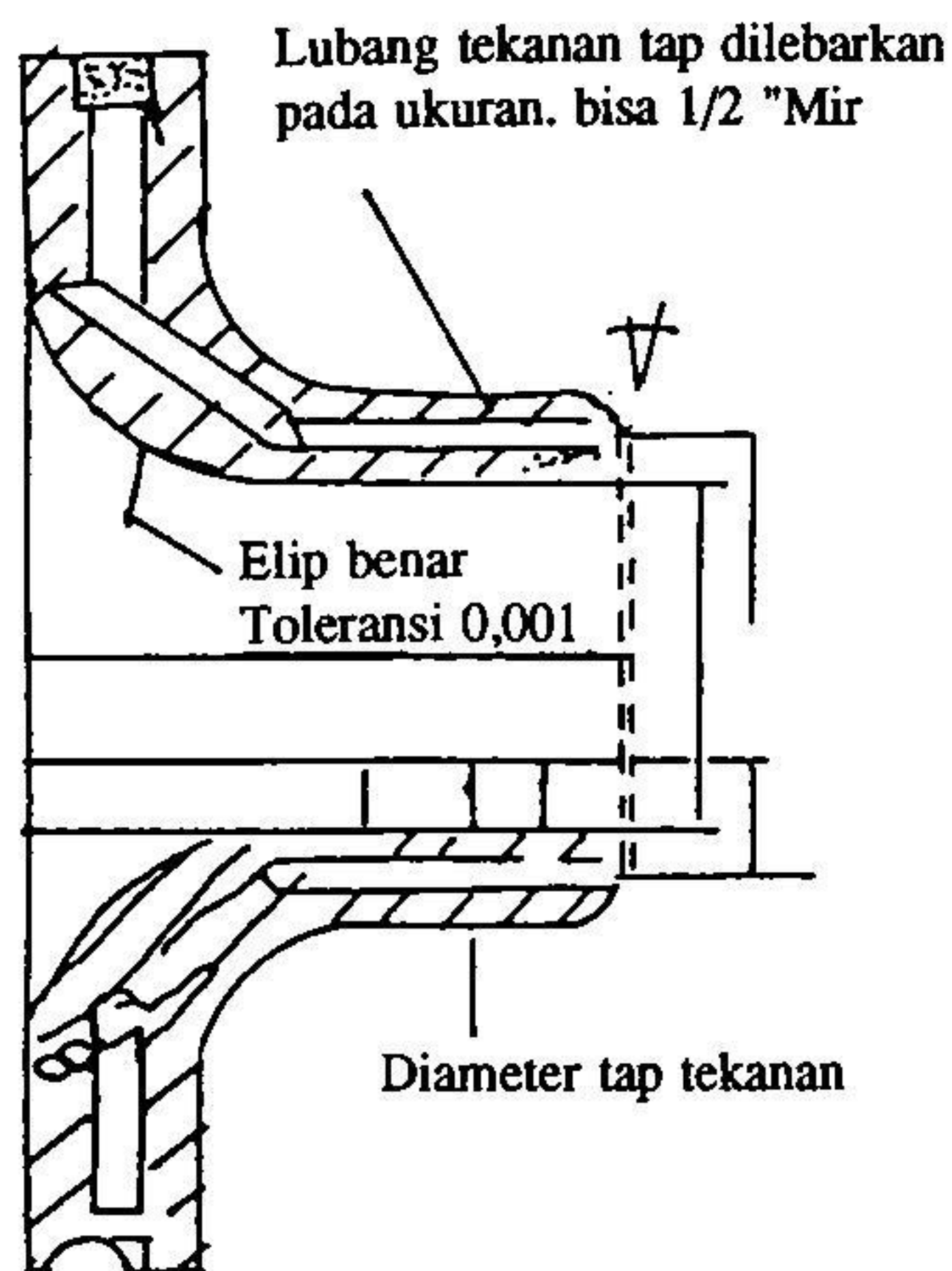
Karena diperlukan ketelitian yang tinggi, persyaratan berikut diberikan sehubungan dengan desain dan pembuatan nosel tap lekum untuk pengukuran aliran primer.

Gambar A menunjukkan suatu bentuk nosel radius panjang, rasio rendah dengan tap lekum yang memenuhi persyaratan i.

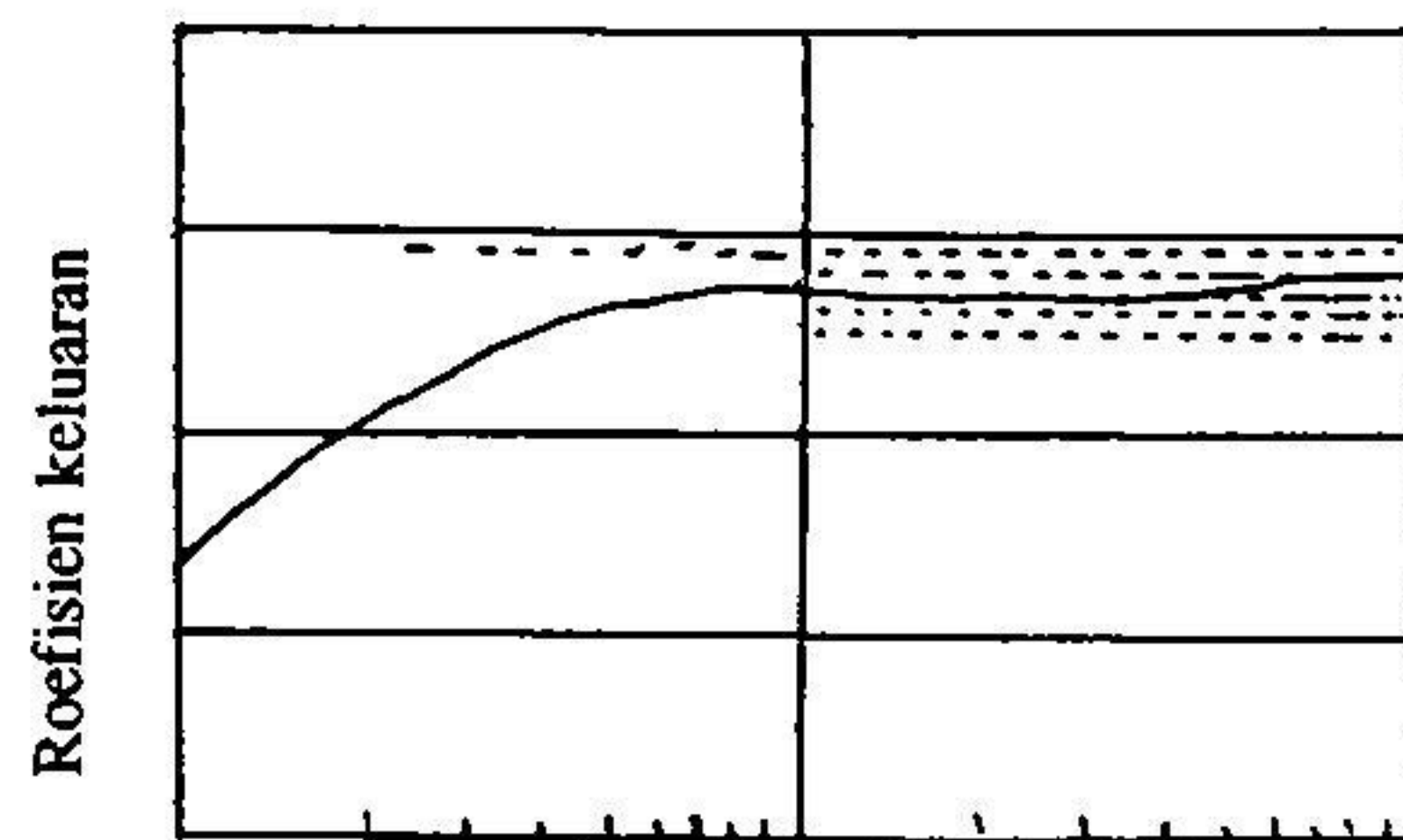
- (a) Sisi masuk harus didesain untuk memberikan gradien tekanan yang baik, sehingga lapisan batas akan sangat tipis dalam bagian lekum dan tidak akan ada pemisahan aliran. Sisi masuk juga harus didesain untuk memberikan aliran yang laminar pada saat mendekati bagian lekum. Bagian yang silindris nosel harus mempunyai dinding yang sejajar dan konsentris dengan pipa (lihat b). Setiap divergensi dapat menyebabkan bentuk kurva koefisien keluaran terhadap bilangan Reynold yang khas. Tetapi konvergensi sedikit masih dapat diterima, asalkan tidak lebih dari seperseribu per inci dari panjang lekum. Daerah bidang datar tap lekum harus digunakan dalam perhitungan koefisien. Menunjuk Gambar A, lekum nosel harus dibuat dalam batas $\pm 0,0002 d$ seperti ditentukan oleh pengukuran pada sekurang-kurangnya 4 x diameter dalam bidang datar tap lekum. Nosel harus dibuat dari bahan tahan korosi dengan koefisien ekspansi panas yang telah diketahui dan permukaannya harus mempunyai pengerjaan akhir empat mikro inci atau lebih baik, dan harus bebas dari karat, goresan, ketidak sempurnaan, atau kerutan-kerutan.
- (b) Tap tekanan harus mempunyai kedalaman sekurang-kurangnya 2 kali diameter tap tekanan. Tap ini harus dikerjakan dengan mesin tegak lurus terhadap permukaan lubang, bersudut tajam, dan bebas dari cacat. Tap tekanan sisi hilir harus dikerjakan dengan mesin dalam lekum nosel agar mengurangi pengaruh gangguan sisi hilir pada pengukuran tekanan. Tap sisi hulu harus dikerjakan dengan hati-hati dan harus ditempatkan sejauh satu kali diameter pipa sebelah hulu sisi masuk nosel.
- (c) Penentuan akhir pemenuhan keperluan di atas berupa suatu bentuk kurva koefisien keluaran terhadap bilangan Reynold (lihat Gambar B) yang harus ditentukan untuk setiap pasang tap yang dipakai. Nosel harus digunakan dalam jangkauan di mana koefisienkeluaran mendekati konstan.
- (d) Agar mendapatkan ketelitian pembacaan yang maksimal, diameter lekum nosel harus dipilih untuk memungkinkan defleksi maksimal, dengan mempertimbangkan tinggi tekan pemompaan dan rentang manometer yang ada. Rentang manometer harus dipilih untuk memungkinkan fluktuasi dan aliran maksimum. Nosel tidak boleh digunakan untuk mengukur aliran yang memberikan defleksi manometer kurang dari seribukali kesalahan pembacaan atau enam inci tinggi air raksa, pilih yang lebih besar. Jika diperlukan untuk mengukur aliran melebihi rentang yang lebih besar dari pada dapat diperoleh dengan pemenuhan persyaratan ini, maka dimungkinkan



untuk memakai nosel tambahan dengan diameter lekum yang berbeda. Nosel ini harus berukuran sedemikian, sehingga satu titik pengujian dapat bekerja dengan nosel yang lain.



(hlm 111)



Bilangan Penculd Lekum R 6

Gambar 3 Kurva kalibrasi nosel tip



Catatan :

1. Lubang tap tekanan mempunyai bentuk persegi dan bersudut tajam serta bebas cacat. Lubang tap tekanan harus di bor dan dilebarkan sebelum pengerjaan akhir. Pengeboran dan pemolesan lekum. Sumbat dengan penyesuaian tekanan kemudian dimasukkan ke dalam lubang. Operasi pengeboran dan pemolesan akhir harus dilakukan sesudah pemasukan sumbat. Penyumbatan harus dilakukan dengan perlengkapan untuk penarikan dari lubang setelah pemolesan dan pengerjaan mesin selesai. Setelah sumbat ini dilepas, setiap goresan kecil yang mungkin tinggal pada tepi lubang dapat dihilangkan dengan menggunakan sebuah alat taper terbuat dari kayu dan dengan cara pemutaran pada sekeliling tap tekanan.
2. Lekum nosel dapat mengecil sampai 0,001 inci per inci. Pembesaran sama sekali tidak dapat diterima.
3. Bahan harus tahan korosi.

Bagian aliran

- (a) Nosel aliran harus dipasang dalam bagian aliran seperti ditunjukkan dalam Gambar C. Bagian aliran ini harus dilengkapi sebuah pelurus aliran yang membagi penampang melintang pipa menjadi paling tidak sekitar 50 ruang yang sama atau suatu pelurus aliran yang berlubang banyak yang kira-kira mempunyai 200 lubang persekat per pelat dan pada sisi hulu nosel aliran panjangnya paling tidak 20 kali diameter pipa untuk menjamin profil kecepatan aliran yang cukup laminar. Disyaratkan pada sisi hilirnya dipakai pipa lurus dengan ukuran nominal yang sama dengan pipasisi hulu dan panjangnya paling tidak 10 x diameter pipa, untuk menjamin pengukuran tekanan lekum yang dapat diandalkan.
- (b) Nosel aliran harus dipasang seporos dengan poros pipa dengan simpangan sepertiga-puluhdua inci. Pipa nosel aliran harus halus, bebas karat, kerak, dan lepuh, dan diameter yang diukur pada empat titik di sembarang penampang melintang harus tidak berbeda lebih dari satu persen. Bagian pipa sebelah hulu harus di bor seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar D atau untuk keseluruhan panjang potongan sisi masuk.
- (c) Hubungan pipa nosel aliran harus berlubang dalam persegi dengan muka flens. Tebal gasket yang ditekan harus tidak lebih dari 1/16 inci dan gasket harus tidak meluas ke dalam pipa.
- (d) Agar mengurangi kemungkinan distorsi termal ke nosel, lebih disukai, bahwa pipa dan flens dari potongan aliran dibuat dari bahan tahan korosi yang mempunyai koefisien muai sama seperti nosel.

Kalibrasi

- (a) Pengalaman menunjukkan bahwa koefisien aliran tidak dapat diperkirakan dalam 0,1 persen, dan karenanya, perlu mengkalibrasi bagian aliran (lihat Gambar C). Kalibrasi ini harus dilakukan oleh pihak yang berwenang pada kondisi yang serupa dengan kondisi pada instalasi yang sebenarnya. Dari sudut konfigurasi pipa, lebih disukai konstruksi fisik pemipaan dalam penyetelan pengkalibrasian harus serupa dengan penyetelan pengujiannya, langsung di sisi hulu dan hilir dari



bagian pengukuran aliran. Bilangan Reynold, suhu air dan kondisi aliran yang lain juga harus sedekat mungkin dengan kondisi pengujian.

Jika kalibrasi bagian aliran tidak memenuhi 49, maka nosel harus diperiksa secara hati-hati seperti ditulis dalam (b) (i), jika perlu dikoreksi, dan bagian aliran dikalibrasi ulang. Jika kalibrasi ulang masih tidak memenuhi 49, bagian aliran harus dikalibrasi dengan menggunakan fasilitas yang berbeda, jika ada.

- (b) Bilangan Reynold lekum yang kurang dari 2 juta merupakan suatu batas peralihan dari lapisan laminar ke turbulen. Batas peralihan ini harus ditetapkan selama kalibrasi dan harus dihindari selama pengujian.

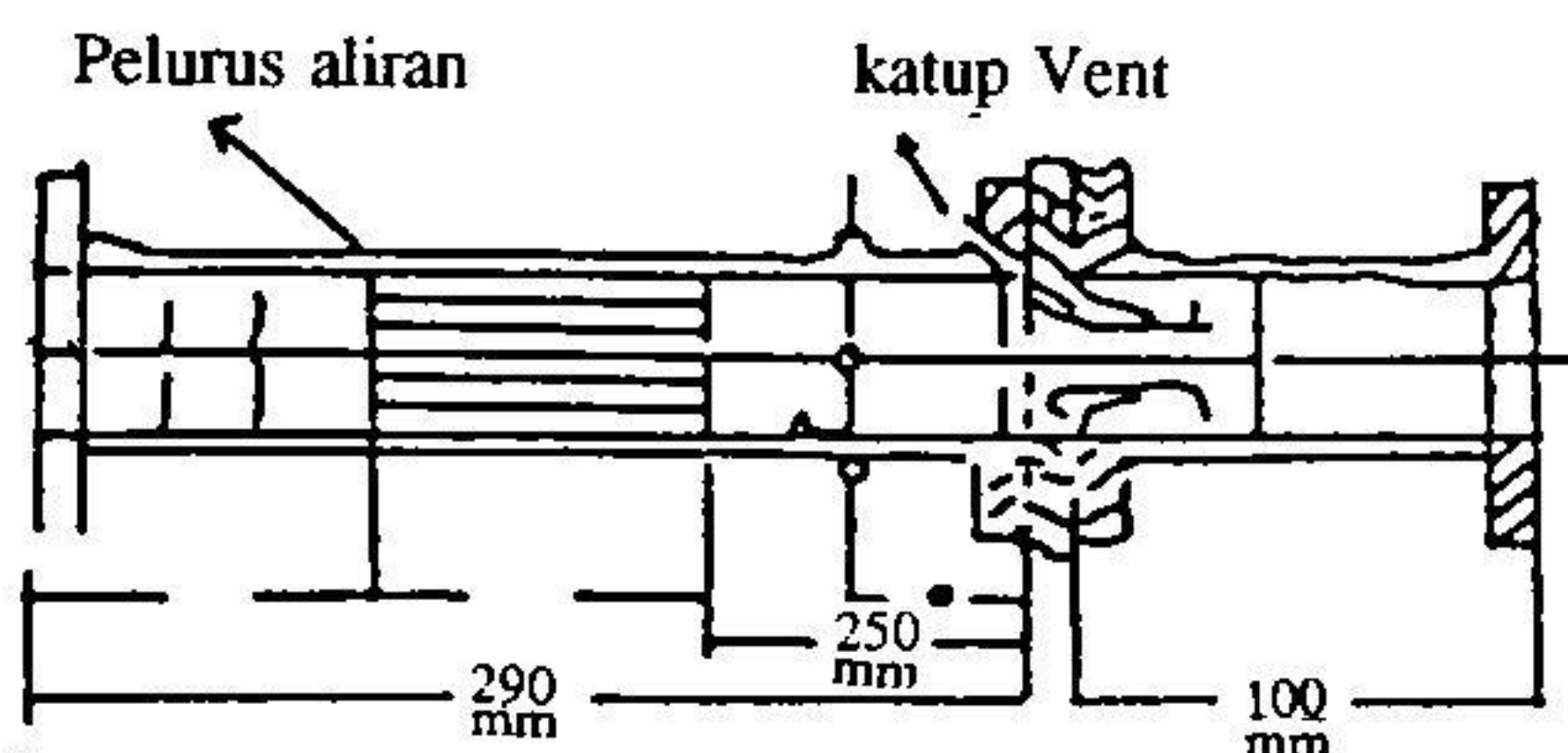
Diizinkan untuk mengekstrapolasi kurva kalibrasi jika nosel digunakan di luar rentang fasilitas kalibrasi asalkan tingkat koefisien ditetapkan pada bilangan Reynold yang lebih tinggi dari batas peralihan. Ekstrapolasi ini harus sejajar dengan kurva yang telah ditunjukkan dalam gambar B dan bergantung pada pembatasan dari 49.

- (c) Lebih disukai untuk memasang bagian aliran sesaat sebelum pengujian. Lampiran oksidasi besi yang tipis pada permukaan nosel umumnya akan terbentuk selama pengujian. Jika lapisan ini sangat tipis (kurang dari seperseribu inci) dan mengendap secara merata, maka pengaruhnya pada ketelitian pengukuran aliran dapat diabaikan. Jika ketebalan endapan melebihi nilai ini, atau jika jenis endapan tidak beraturan dan permukaannya kasar, salah satu dari kedua tata cara di bawah ini dapat digunakan :

- (1) nosel dapat dibersihkan, dipasang kembali dan pengujian diulang, atau
- (2) bagian pengukuran aliran dapat dikalibrasi ulang.

Tindakan hati-hati harus dilakukan agar tidak mengganggu endapan sebelum kalibrasi ulang. Jika kalibrasi ini sangat berbeda dari kalibrasi sebelum pengujian, maka perlu diulang dengan kondisi yang bebas endapan.

Hasil uji tidak dapat diatur, karena umumnya endapan yang terbentuk tidak mungkin ditentukan dalam nosel.



Gambar C : Penampang aliran.

Catatan : Jangan ada rintangan seperti sumur termokopel gelang penahan (backing ring) dll



Gambar D : Pengeboran dalam aliran sisi hilir dari nosel.

Dibubut silindrikal dalam $\pm 0,01''$
Serta pembuangan logam minimum.



LAMPIRAN C

(Lampiran untuk 4.3.3. Pemasangan dan lokasi alat ukur tekanan diferensial)

Penggunaan pelurus aliran dalam pengukuran aliran cairan

Pelurus aliran dalam pengukuran aliran cairan dalam pipa tertutup digunakan untuk :

- (1) meniadakan suatu olakan dalam aliran, dan
- (2) meratakan ketidak teraturan dalam profil kecepatan aliran.

Keduanya akan mempengaruhi pengukuran aliran dengan alat ukur beda tekanan. Ketidak-teraturan dalam profil kecepatan dapat juga ditiadakan dengan pipa lurus yang cukup panjang di sisi hulu dari meter. Peniadaan olakan dalam aliran akan memerlukan panjang pipa lurus yang berlebihan, sehingga penggunaan pelurus akan lebih ekonomis.

Sembarang pelurus aliran akan mengganggu profil kecepatan alami sampai ke tingkat tertentu, kecuali didesain khusus seperti disebut di bawah ini. Kombinasi pelurus dengan beberapa panjang pipa lurus disisi hulu dan hilir menjadi paling efektif karenanya.

Adatiga pipa pelurus aliran yang berbeda :

- (1) Sejumlah tirai kawat atau pelat berlubang yang disusun berderet. Pelurus yang telah dikenal dengan baik dari tipe ini adalah pelurus yang terdiri dari tiga pelat *) berlubang yang ditempatkan pada jarak satu kali diameter (D) antara satu dengan yang lain. Ini didesain terutama untuk meniadakan ketidakteraturan profil kecepatan **).
- (2) Tipe tabung jamak atau saluran jamak segi empat (persegi)
Tipe ini akan berhasil guna terutama untuk meniadakan komponen rotasi aliran, tetapi keberhasilgunaannya pada profil kecepatan tergantung pada jumlah tabung atau saluran.
- (3) Kombinasi tipe 2 dan 2
Contoh yang dikenal baik dari tipe ini terdiri dari seberkas saluran persegi, yang didahului oleh pelat berlubang dengan lubang ukuran yang bervariasi terhadap jari-jari penampang melintang. Pelurus ini mengimbangi gangguan dalam profil kecepatan yang disebabkan oleh tipe tabung jamak yang pembuatannya lebih murah.

Kerugian tekanan pelurus tipe satu lebih tinggi dari pada tipe dua. Seperti yang sudah disebutkan, pengaruh yang paling baik dapat dihasilkan dengan pengadaan pipa lurus di sisi hulu dari pelurus ***).

*) Skitar 200 lubang per pelat,

**) tapi juga meniadakan olakan,

***) panjang pipa lurus yang cukup diperlukan antara pelurus dan alat ukur beda tekanan untuk mengembangkan kecepatan yang diperlukan.



Data yang ada pada pemakaian pelurus dalam pengukuran aliran cairan dengan alat ukur beda tekanan menunjukkan, bahwa jarak berikut dapat dianjurkan sebagai rata-rata yang dapat diterima :

panjang bagian lurus pelurus	2 - 5 D,
panjang pelurus	2 - 3 D,
panjang bagian yang lurus antara pelurus dan alat ukur beda tekan	8 - 20 C.

Pemilihan tipe pelurus tergantung dari situasi alat ukur pengukur aliran dalam sistem pemipaan.

Jika di sisi hulu bagian pengukuran sistem pemipaan mempunyai dua bengkokan dalam bidang tegak lurus, suatu olakan dapat terjadi dalam aliran. Untuk kasus ini dianjurkan untuk menggunakan pelurus tipe tabung jamak. Penggunaan pelurus aliran yang berupa berkas tabung dapat menimbulkan kesalahan jika bagian aliran didahului sambungan T.























